



EESTI MAAÜLIKOOL
Põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Pille-Riin Meltsas

PÜÜNISTAIMEDE MAAKIRPUDE TÕRJES
TRAP CROPPING IN THE CONTROL OF FLEA BEETLES

Magistritöö

Maastikukaitse ja -hoolduse õppekava

Juhendajad: dotsent Katrin Jõgar, *PhD*
vanemteadur Luule Metspalu, *PhD*
teadur Angela Ploomi, *PhD*

Tartu 2018

Eesti Maaülikool		Magistritöö lühikokkuvõte	
Kreutzwaldi 1, Tartu 51014			
Autor: Pille-Riin Meltsas		Õppekava: Maastikukaitse ja –hoolduse magistriõppekava	
Pealkiri: Püünistaimed maakirpude tõrjes			
Lehekülgi: 65	Jooniseid: 12	Tabeleid: 1	Lisasid: 0
Osakond: Taimekaitse osakond Uurimisvaldkond: B390. Taimekasvatus, taimekaitsevahendid, aiandus, taimehaigused Juhendaja(d): dotsent Katrin Jõgar, PhD, vanemteadur Luule Metspalu, PhD, teadur Angela Ploomi, PhD Kaitsmiskoht ja aasta: Tartu, 2018			
<p>Maakirbud on ristõieliste kultuuride ohtlikud kahjurid. Nende kahjustused võivad hävitada noored taimed mõne päevaga, eelistades just tõusmete faasis olevaid ristõielisi aiakultuure. Selle vältimiseks kasutatakse valdavalt keemilisi taimekaitsevahendeid, mis on ohtlikud inimese tervisele, keskkonnale kui ka kasulikele organismidele. Alternatiiviks mürkidele on veel väljatöötamise järgus olev keskkonnasäästlik, püünistaimedel põhinev taimekaitsesüsteem.</p> <p>Põldkatsed maakirpudele atraktiivsete püünistaimede väljaselgitamiseks viidi läbi 2017. aasta kevadel, kus põhikultuuriks olid valge peakapsa hiline sort „Lennox“ ning keskvalmiv sort „Krautman“. Püüniskultuuridena kasvatati suvirapsi (<i>Brassica napus</i> L. var. <i>oleifera</i> subvar. <i>annua</i>), suvirüpsi (<i>Brassica rapa</i> L. var. <i>oleifera</i> subvar. <i>annua</i>), õlirõigast (<i>Raphanus sativus</i> L. var. <i>oleiferus</i>) ning paksoid (<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>chinensis</i>, sün. <i>B. rapa</i> Pak. <i>Choi-rühm</i>). Maakirpe püüti aspiraatoriga, kollaste liimipüünistega ning määrati kahjustuse tase.</p> <p>Katseperioodil leiti harilikku (<i>Phyllotreta. undulata</i>), musta (<i>Ph. atra</i>), sinihelk (<i>Ph. nigripes</i>) ja kurmtriibulist (<i>Ph. vittata</i>) maakirpu. Kõige arvukamalt oli kõikidel katsekultuuridel harilikku maakirpu. Maakirpude eelistatuimaks taimeks oli õlirõigas, järgnes paksoi.</p> <p>Uurimustöö tulemustest selgus, et katses olnud püünistaimede kooslus hoidis täielikult ära maakirpude kahjustused valgel peakapsal. Sellest järeldub, et püünistaimed on keemilisele tõrjele heaks alternatiiviks. Niisugune tulemus on uus ka teadusele, kuna varem pole sellist taimelõksude koosseisu kapsaste kaitseks maakirpude vastu uuritud. Järgnevalt tuleks uurida, milline oleks kapsapõldudel sellise püünistaimede kompleksi optimaalsed külviajad ja paigutus põllul.</p>			
Märksõnad: maakirbud, taimelõksud, alternatiivne taimekaitse, <i>Brassica oleracea</i>			

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Abstract of Master's Thesis	
Author: Pille-Riin Meltsas		Specialty: Landscape protection and preservation	
Title: Trap cropping in the control of flea beetles			
Pages: 65	Figures: 12	Tables: 1	Appendixes: 0
Department: Department of Plant Protection Field of research: B390. Phytotechny, horticulture, crop protection, phytopathology Supervisors: Associate Professor Katrin Jõgar, PhD, Senior Researcher Luule Metspalu, PhD, Researcher Angela Ploomi, PhD Place and date: Tartu, 2018			
<p>Flea beetles are dangerous pests of cultured cruciferous plants. Their damage can destroy young plants in a few days, giving preference to cruciferous horticultural crops on the rise phase. To avoid the damages predominantly chemical pesticides are used which are dangerous to human health, the environment, and beneficial organisms. An alternative to chemicals is the development of an environmentally friendly, plant protection system based on trap cropping.</p> <p>Field experiments to detect attractive trap crops were carried out in spring 2017, where the main crop was the white cabbage late variety „Lennox“ and mid-season variety "Krautman". Used trap crops were summer oilseed rape (<i>Brassica napus</i> L. var. <i>oleifera</i> subvar. <i>annua</i>), summer turnip rape (<i>Brassica rapa</i> L. var. <i>oleifera</i> subvar. <i>annua</i>), tillage radish (<i>Raphanus sativus</i> L. var. <i>oleiferus</i>) and pak choi (<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>chinensis</i>, syn. <i>B. rapa</i> Pak. Choi-group). Flea beetles were collected by an aspirator, with yellow sticky traps and the degree of damage was determined.</p> <p>During the experiment there was found <i>Phyllotreta undulata</i>, <i>Ph. atra</i>, <i>Ph. nigripes</i>, <i>Ph. vittata</i>. For all experimental crops, the small striped flea beetles was the most numerous spieces. The most preferred plant for the flea beetles was tillage radish, followed by pak choi.</p> <p>The results of the research showed that the combination of trap crops completely prevented the damage of flea beetles to white cabbage. It follows that trap crops are a good alternative to synthetic insecticides. This result is also new to science, as previously no such crop traps have been investigated for the protection of white cabbage against flea beetles. What would be the optimum trap crops seeding time and placement in the field should be researched in future studies.</p>			
Keywords: flea beetles, trap crops, alternative plant protection, <i>Brassica oleracea</i>			

SISUKORD

SISSEJUHATUS	5
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE	7
1.1. Maakirbud (Chrysomelidae: Alticinae)	7
1.1.1. Maakirpude tõrje	9
1.1.2. Taimed maakirpude mõjutajadena	12
1.1.3. Glükosinolaadid taimedes	15
1.1.4. Püünistaimed maakirpudele	17
2.1. Katsekultuurid	19
2.1.1. Suviraps (<i>Brassica napus</i> L. var. <i>oleifera</i> subvar. <i>annua</i>)	19
2.1.2. Suvirüps (<i>Brassica rapa</i> L. var. <i>oleifera</i> subvar. <i>annua</i>)	20
2.1.3. Õlirõigas (<i>Raphanus sativus</i> L. var. <i>oleiferus</i>)	21
2.1.4. Valge peakapsas (<i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>capitata</i> f. <i>alba</i>)	22
2.1.5. Hiina lehtnaeris e. paksoi (<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>chinensis</i> , sün. <i>B. rapa</i> Pak <i>Choi-rühm</i>)	23
2. MATERJAL JA METOODIKA	25
2.1. Katsete planeerimine ja rajamine	25
2.2. Andmetöötlus ja statistiline analüüs	29
3. UURIMISTÖÖ TULEMUSED JA ARUTELU	30
3.1. Maakirpude arvukus erinevatel katsekultuuridel	30
3.2. Maakirpude liigiline koosseis ning arvukuse dünaamika erinevatel katsekultuuridel	32
3.2.1. Paksoi	32
3.2.2. Raps	35
3.2.3. Rüps	37
3.2.4. Õlirõigas	38
3.3. Maakirpude liigiline jaotumus erinevatel katsekultuuridel	42
3.3.1. Maakirpude liigilise jaotumuse statistiline analüüs	43
3.4. Maakirpude kahjustused erinevatel kultuuridel	46
3.5. Erinevate püügimeetodite võrdlus	49
KOKKUVÕTE NING JÄRELDUSED	53
KASUTATUD KIRJANDUS	56

SISSEJUHATUS

Maakirpe teatakse kui olulisi ristõieliste kultuuride kevadkahjureid, kes kuuluvad *Chrysomelidae* sugukonda, *Alticinae* alamsugukonda ning *Phyllotreta* perekonda. Antud kahjurid on võimelised hävitama mõne päevaga noore taime tõusmed ning istikud täielikult. Esmajoonel eelistavad ristõielistele spetsialiseerunud maakirbud väävlirikkaid kapsarohu perekonda (*Brassica* L.) kuuluvaid taimi (Metspalu *et al.* 2014).

Valdavalt kasutatakse maakirpude tõrjeks keemilisi preparaate, kas seemneid puhtides või alates idulehtede faasist taimi taimekaitsevahenditega pritsides. Kultuurtaimi insektsiididega pritsides on oluline märkida, et korduvad töötused sama klassi preparaatidega muudavad kahjurid mürkide suhte resistentseteks, mis omakorda tekitab vajaduse sünteesida üha uusi mürkpreparaate ning suurendada tõrjekordade arvu. Mulda viidud töödeldud seemned kahjustavad sellist mullaelustikku, kelle vastu keemilised tõrjevahendid mõeldud ei olnud (Lamb, Turnock 1982; Turnock, Turnbull 1994; Bensen, Tempel 2008). Taimekaitsevahendite jäägid jõuavad inimese toidulauale, olles ohtlikud tervisele. Keemiliste taimekaitsevahendite kasutamine pole koduaedades eetilise, samuti on mahetootmistes selliste vahendite rakendamine keelatud. Antud probleemidest lähtuvalt püütakse keemilisele tõrjele leida keskkonda ning inimest säästvaid alternatiive.

Üheks loodussõbralikuks alternatiiviks, võitlemaks maakirpude vastu, on püüniskultuuride ehk taimelõksude (*trap cropping*) kasutamine. Taimsed kahjuripüünised töötavad eelkõige tänu asjaolule, et peaaegu kõigil putukaliikidel on oma eelistused kindlatele taimeliikidele, sortidele või nende erinevatele arengufaasidele. Kuna putukad valivad taimi nägemis-, haistmis- ja kompimismeelte abil on püünistaimede ülesandeks koondada just neile käitumisstiimulitele tuginedes, kahjurid põhikultuurist atraktiivsemale taimele, hoides sellega ära kahjurite liikumise kaitstavale kultuurile (Metspalu 2017). Just selliste püüniskultuuride väljaselgitamisele on keskendatud antud uurimuses.

Uurimustöö eesmärkideks on:

- selgitada, kas raps, rüps, õlirõigas ning paksoi on maakirpudele atraktiivsemad kui valge peakapsas;

- teha kindlaks, kas maakirbud valivad neid taimeliike erineva intensiivsusega;
- määrata maakirpude liigiline koosseis ning selgitada, kas erinevatel liikidel on erinevaid taime-eelistusi;
- võrrelda erinevate püügimeetodite efektiivsust.

Uurimustöö hüpoteesideks on:

- katsesse valitud ristöielised kultuurid on maakirpudele atraktiivsemad kui valge peakapsas ning nad võivad edaspidi olla püünistena rakendatavad valge peakapsa kaitseks arendatavas peleta-meelita taimekaitsesüsteemis;
- nendest püüniskultuuridest eelistavad maakirbud kõige enam paksoid ning see taimeliik on valge peakapsa kaitsel edaspidi oluline;
- aspiraatoriga püügid annavad püügimeetodite võrdlusel täpsema andmestiku.

Suured tänud juhendajatele dotsent Katrin Jõgarile, vanemteadur Luule Metspalule ning teadur Angela Ploomile. Tänan Avo Toomsood, kes andis lahkelt kasutada Eerika ilmajaama andmeid.

1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

1.1. Maakirbud (Chrysomelidae: Alticinae)

Maakirbud kuuluvad mardikaliste (Coleoptera) seltsi. Nad võivad kasvada 2-3 mm pikkuseks, liikudes peamiselt hüpates. Maailmas teatakse olevat rohkem kui üle 4000 maakirbu liigi. Ristõielistel taimedel on Eestis kõige levinumad harilik maakirp e lehesõtkel (*Phyllotreta undulata* Kutsch.), kurmtriibuline maakirp (*Ph. vittata (striolata)* F.), suur maakirp (*Ph. nemorum* L.), must maakirp (*Ph. atra* F.), sinihelk maakirp (*Ph. nigripes* F.) ning mädarõika maakirp (*Ph. armoraciae* Koch.) (Metspalu *et al.* 2014). Maakirbud kahjustavad enamasti ristõieliste kultuuride tõusmeid ja noori taimi. Kuigi maakirbud võivad tekitada taimedele kahjustusi kogu kasvuperioodi vältel, suudavad tõusmefaasi läbinud taimed maakirpude rünnakutega siiski toime tulla. Vastavalt kolmandas-neljandas pärislehe faasis olevad taimed kasvavad kiiresti, mistõttu biomass on suurem ning seetõttu ka vastupidavamad kahjurite rünnakutele. Sellest hoolimata võib kahjustus taimede kasvu aeglustada ja väheneda saagikus (Metspalu, Hiisaar 2002; Soroka, Grenkow 2013; Metspalu *et al.* 2014).

Erinevatel vaatlustel on täheldatud, et täiskasvanud maakirbud näitavad häiritust välja hüppeldes. Antud mardikalised võivad olla välimuselt mustad, musta ja kollase triibulised ning siniselt või rohekalt helkivad. Maakirbud eelistavad talvituda multšis, põõsaste all või metsaservades (Andersen *et al.* 2005), põllumullas talvitumist tuleb vähem ette (Ulmer, Dosdall 2006). Kui temperatuur tõuseb üle 7 soojakraadi lahkuvad maakirbud talvituspaikadest, ilmudes põllule alles siis, kui temperatuur ületab 10 °C (Hiisaar *et al.* 2004). Maakirbud toituvad enne kultuurristõieliste tärkamist põllu ääres olevast umbrohost: põldsinepist, põldrõikast jms. Ristõieliste kultuuride ümberistutamisel põllule või nende tärkamisel seemnest vahetavad maakirbud koheselt välja umbrohud kultuurtaimede vastu ning alustavad taimede kahjustamist (Hiisaar *et al.* 2003, 2004; Metspalu *et al.* 2014). Peamiselt liiguvad maakirbud taimelt-taimele kõndides või hüpates, kui õhutemperatuur on +15°C läbivad nad lühikesi vahemaid lennates. Maakirbud orienteeruvad kergesti leidmaks

ristõielisi kultuure tänu taimedelt eralduvale sinepiõli lõhnale, mis mardikalisi ligi meelitab (Metspalu, Hiisaar 2002; Bohinc, Trdan 2012).

Emased maakirbud (v.a. suur maakirp ja mädarõika maakirp, kes munevad taimede lehtedele) munevad ristõieliste juurte lähedusse mulda või selle pinnale kuni 25 kollakasvalget 0,4 mm pikkustest munadest koosnevat kogumit (Hiisaar *et al.* 2003). Enamike maakirbuliikide vastsete areng toimub mullas, kus nad toituvad ristõieliste juurtest ning sirguvad kuni 6 mm pikkuseks, sealjuures vastsete kestumine toimub kaks korda. Vastsestaadium kestab kõikidel maakirpude liikidel 3 kuni 4 nädalat. Noormardikas väljub mullast juuli lõpus augusti alguses, toitudes ristõielistel ning talvituma minnakse septembrikuus. Meil esinevatel maakirbuliikidel on kõigil üks põlvkond aastas (Metspalu, Hiisaar 2002).

Maakirbud kui tavapärased kevadkahjurid närvivad noortesse lehtedesse, lehe äärtesse, soontesse, kasvupungadesse ja vartesse auke ning sälke. Kõige suurem saagikadu esineb kevadel, mil maakirbud toituvad idulehtedest ja esimestest pärislehtedest, mis tekivad kahe nädala jooksul pärast taime tärkamist. Taimekahjustuste intensiivsus sõltub suuresti ilmastikutingimustest. Soojad, kuivad ja rahulikud ilmastikuolud soodustavad mardikaliste levikut põldudel ning maakirpude suure populatsiooni korral hävivad kasvavad taimed kiiresti. Kui ilmastikutingimusteks on jahedus, niiskus ja suur tuul lahkuvad maakirbud põllult ning suunduvad selle äärealale, kus nad edasi toimetavad (Metspalu *et al.* 2014). Kevadine valmikute toitumine ning paljunemine toimub maikuust juuni-juulini. Vastsed toituvad mullas taimede juurtest, mis ei ole aga oluline saagikao näitaja, kuna juurekahjustuste tõttu hävinud taimi leidub väga harva (Knodel, Olson 2002; Metspalu, Hiisaar 2002). Looduslike viisidega on võimalik osaliselt piirata maakirpude arvukust ristõielistelt kultuuridelt. Üheks peamiseks meetodiks on bioloogiline kontroll, mille esmane valik hõlmab endas maakirpudele looduslike vaenlaste julgustamist/ arvukuse suurendamist. Looduslikeks vaenlasteks maakirpudele on näiteks kiilassilmad (*Chrysoperla carnea* Stephens), jooksiklased (*Carabidae*), põõsalindlased (*Sylviidae*), harilik kärnkonn (*Bufo bufo* L.) (Knodel, Olson 2002).

Järgnevalt on välja toodud katses tuvastatud ristõieliste maakirpude spetsifikatsioonid, lähtudes liigikirjeldusel Metspalu ja Hiisaar (2002, koostajad) raamatu „Ristõieliste kultuuride kahjurid” ainekust.

Harilik maakirp ehk lehesõtkel on kasvult 2-3 mm pikkune. Teda iseloomustavad mustad, liigeste kohalt heledamad käpad ja sääred, pea ning eesselg on must ja läikiv. Tiibade siseserval on kollased triibud, mis painduvad vöödi otstel õmbluse poole.

Must maakirp on 1.9-3 mm pikkune. Kehaehituselt sale ja lame, musta värvi mardikas. Pea keskosa iseloomustavad tugevad punktikesed. Põlved ja käpad punakad, teine ning kolmas tundlalüli roostepunased ja esimene lüli poolenisti tumenenud.

Kurmtriibuline maakirp on 1.8-2.5 mm pikkune, pikliku kujuga lame mardikas. Tema tiibadel on kollased vöödid, mille välisservad tugevasti sissepoole kumerad või katkeb vööt kaheks laiguks. Vöödi siseservad lainelised, paindudes õmblusele kõige lähemale vöödi otstel, vöödi keskosa paine jääb õmblusest kaugemale.

Sinihelk maakirp on 2-2.8 mm pikkune metallroheline või sinaka helgiga lameda kujuga mardikas. Pea keskosas nõrgalt ja hajusalt asetsevad punktid. Kattetiibade tipud ümardunud ning kõik tundlalülid on mustad.

Neile meelepärased taimed toitumiseks ning paljunemiseks on varajane valge peakapsas (*Brassica oleracea* var. *capitata* f. *alba*), keskvalmiv valge peakapsas (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* f. *alba*) ja ka naeris (*B. rapa* L.), kaalikas (*B. napus* L. var. *napobrassica*), redis (*Raphanus sativus* L. var. *radicula* Pers.), raps (*B. napus* L. var. *oleifera*) (Metspalu, Hiiesaar 2002).

1.1.1. Maakirpude tõrje

Maakirbud on ristõieliste kultuuride esimesed kevadkahjurid. Eestis on põhiliselt kuus liiki, keda võime leida kahjustamas nii ristõielisi õli- kui ka köögiviljakultuure, kusjuures ülekaalukalt on varasemates katsetes domineerinud harilik maakirp (Hiiesaar *et al.* 2003; Metspalu *et al.* 2014; Kiis 2016). Kui ulatuslikud on meil maakirpude põhjustatud kapsaste või siis ristõieliste õlikultuuride kahjustused, ei olegi päris täpselt teada, aga suure arvukuse korral võivad noored kapsaistikud ning rapsi ja rüpsitõusmed hulgaliselt hävida (Hiiesaar *et al.* 2003, 2004; Metspalu *et al.* 2014). Kanadas näiteks on leitud, et maakirbukahjustuste tagajärjel võidakse kaotada kuni 10% rapsi seemnesaagist (Lamb, Turnock 1982). Esimest paarkümmend päeva taimetõusmete ja istikute elus peetakse kõige otsustavamaks saagikahjude kujunemisel. Kahjustused tekivad siis, kui maakirbud kahjustavad tõusmete idulehti ja kasvupungi. Selle tagajärjel väheneb fotosünteesi võime, lehed muutuvad viltjaks

või kuivavad sootuks. Kui aga taim saab sisse kasvuhoo, pole kahjustusel edaspidi enam nii suurt mõju. Siiski, on teada, et kahjustused ka taimel hilisemates kasvujärgkudest jätavad jäljed. Nii võib näiteks rapsi pungade kahjustus peavarrel põhjustada ohtralt kõrvalharude tekkimist. Selle tagajärjel on taimedel kõtrade ning seemnete valmimine ebaühtlane, raskused õigeaegselt koristada, kõrvalharud annavad vähem kõtru ning väiksema seemne ning ebaühtlane valmimine põhjustab koristuskadusid. Maakirpude uue põlvkonna kahjustused kõtradel võivad avada munemiseks tee kõdrasääsele (*Dasineura brassicae* Vinn.) (Gavloski, Lamb 2000; Knodel, Olson 2002; Heath 2017).

Maakirpude tõrje kaasajal toimub valdavalt keemiliste insektitsiididega, kusjuures kõige levinum on seemnete külvieelne puhtimine. Näiteks Kanadas kasutatakse kuni 99% ulatuses rapsi (canola) külviks puhitud seemet (Sekulic, Rempel 2016). Seemne puhtimisel kasutatavaid kemikaale ja menetlustoiminguid on pidevalt uuendatud, parandatud ning täiustatud. Praegu arvatakse, et puhitud seemnetes sisalduvate preparaatide mõju peaks kestma kuni 40 päeva (Heath 2017). Selleks, et preparaat niikaua toimiks, peab ta olema taimel süsteemne ning selline, putukale mürgise sisaldusega taim, peab jõudma toime kadumiseni haavatavast staadiumist üle kasvada. Maakirpudele soodsate ilmastikutingimuste (soe ja kuiv) korral võib nende arvukus olla väga kõrge ning ka töödeldud noorte taimede vastupanu murtakse massiga, kuna kahjurite tundlikkus on erinev (Sekulic, Rempel 2016).

Tuleb lisada, et töödeldud seemnete külv on loodushoidlikus taimekaitses seatud kahtluse alla, kuna neil on mürgine toime lisaks konkreetsetele kahjuritele ka ülejäänud mullaelustikule, kelle vastu mingit tõrjet ei tahetagi korraldada. Euroopa Komisjoni rakendusmäärusega (EL) nr. 485/2013 keelati näiteks sellised puhtimisvahendid, mis sisaldasid klotianidiini, tiametoksaami või imidaklopridi ning nendega töödeldud seemnete kasutamine ja müük, kuna need toimeained on osutunud mesilastele ning muulegi faunale väga ohtlikeks (Sander-Sõrmus 2015).

Taimiku töötlemisel keemiliste taimekaitsevahenditega peaks eelnema kahjurite ja kahjustuse hindamine, kusjuures töötlemise alustuseks arvatakse olevat õige aeg, kui idulehed on 25 protsendi ulatuses kahjustatud (Knodel, Olson 2002). Siis valitakse insektitsiidid ja töötlemise meetodid. Kahjuks kasutatakse meil senini mürkikemikaale sageli rutiinselt, kahjurite arvukust hindamata (Veromann *et al.* 2012).

Keemiliste tõrjevahendite kahjulikkus keskkonnale ning inimesel on sundinud otsima maakirpude tõrjeks alternatiivseid meetodeid. Nende arvukust on püütud vähendada agrotehniliste võtetega (Heath 2017). Nii näiteks teatakse, et maakirpude rohkus sõltub põllulappide suurusest ja on leitud, et mida suurem on põld, seda enam sinna maakirpe koguneb ning see seab kahtluse alla ka külvikordade tähtsuse maakirpude arvukuse vähendamisel. Heade lendajate/hüppajatena läbivad nad soodsate ilmaolude korral suuri vahemaid ning leiavad sobivad taimed üles ka külvikorra erinevatelt väljadelt (Knodel, Olson 2002). Soovitatud on kasvatada talirapsi, kuna kevadel maakirpude ilmumise ajaks on see kultuur haavatavast staadiumist juba kaugelt üle ning kahjustused on minimaalsed (Hiiesaar *et al.* 2004). Samuti on leitud, et suvirapsi tavalisest varem (aprillis) külv aitab taimedel maakirbutundliku faasi varem ületada. Kahjuks seab meil ilmastik sellele omad piirid. Seetõttu külvatakse meil suviraps mais ning tõusmete ilmumine on siis sünkroonis maakirpude ilmumisega (Metspalu *et al.* 2014).

Sellel aastatuhandel on suurendatud tähelepanu all olnud ristöieliste kultuuride ning maakirpude vaheliste suhete uudne uurimissuund, kus on püütud leida ristöielisi taimeliike, mis oleksid maakirpude vastu tundetu(ma)d. Selliste tööde kokkuvõttes võib öelda, et kindlat liiki, mis oleks maakirpudele resistentne, pole leitud. Küll aga on erinevatel liikidel leitud erinevaid omadusi, mis ühel või teisel määral ei ole maakirpudele vastuvõetavad. Siin on erinevusi nii taime- kui maakirbuliikide osas (Gavloski, Lamb 2000; Soroka, Grenkow 2013; Metspalu *et al.* 2014; Heath 2017)

Mõningal määral on arendatud ka biotehnoloogia strateegiaid. Nii näiteks on Kanadas aretatud rapsisorte, mille lehed on karvased ja seetõttu maakirpudele toitumiseks vähem sobivad (Soroka *et al.* 2011). Maakirpude tõrjeks on rapsi viidud ka mullabakteri (*Bacillus thuringiensis* Berliner) toksiine (Gatehouse 2008) ja modifitseeritud teiseseid ainevahetussaadusi (tsüanogeensed glükosiidid) (Kristensen *et al.* 2005).

Maakirpude looduslikest vaenlastest teatakse vähe. Röövtoidulised tavaliselt valmikuid ei kimbuta, kuna viimased on kiired liikujad. Enam teatakse suure maakirbu arvukuse vähendajatest, kuna selle liigi munad ning vastsed, erinevalt enamuse teistest liikidest, elavad taime lehtedel. Nende mune ning vastseid hävitavad hariliku kiilassilma (*Chrysoperla carnea* L.) ja lepatriinude (Coccinellidae) vastsed. Selle maakirbuliigi vastseist on leitud vastseparasitoidi *Diospilus morosus* Reinhardt. Maakirpudest on leitud ka juuluklast *Microctonus vittatae* Muesebeck. Parasiteerituse tase on aga väga madal ning

Knodeli ja Olsoni (2002) arvates on siin põhjuseks see, et maakirbud ilmuvad nähtavale kevadel lühikese ajaperioodi jooksul, millele järgneb pikk aeg suvel, kus nende arengutsükkel kulgeb mullas ning nad on looduslikele vaenlastele raskesti kättesaadavad. Seetõttu pole looduslikel vaenlastel piisavalt aega, et maakirpude populatsioone negatiivselt mõjutada.

Maailmas on praegu tähelepanu all taim-putukas vastastikused suhted ning eriti taimede osa kahjurite arvukuse vähendamisel. Need uuringud on suunatud maakirpude käitumise eri aspektidele, taimeliikide erinevustele, teiseste ainevahetusproduktide – glükosinolaatide sisaldusele ning omadustele jne. Sellise taimekaitsemeetodi üheks väljundiks on seltsilistaimed, aga ka erinevad taimekooslused, püünistaimed jne (Bohinc, Trdan 2013; Metspalu *et al.* 2014; Heath 2017).

1.1.2. Taimed maakirpude mõjutajatena

Putukad on taimedega looduslikus ökosüsteemis tihedalt seotud, moodustades nende omavahelistes pidevalt muutuvates suhetes dünaamilise süsteemi. Taimed võivad mõjuda putukatele Ismani (2006) järgi järgmiselt:

- peletavalt;
- toitumist ja munemist takistavalt;
- toksiliselt;
- putukate normaalse arengu mõjutajatena;
- atraktiivselt.

Peletajateks ehk repellentideks nimetatakse taimest eralduvaid aineid, mis mõjuvad putukate haistmis- ja maitsmismeeltele, tekitades närvisüsteemis peletava ärrituse, tulemusena lahkub putukas taime lähedusest. Peletavate omadustega taimed on näiteks eukalüpt (*Eucalyptus*), aedsalvei (*Salvia officinalis* L.) vürtsbasiilik (*Ocimum basilicum* L.), sidrunhein (*Cymbopogon*), aed-liivatee (*Thymus vulgaris* L.) jne. Selliseid peletavaid taimi on kasutatud putukatõrjes juba sajandeid ning kasutatakse veel tänapäevalgi (Luik *et al.* 2007; Maia, Moore 2011; Parolin *et al.* 2012). Taimedes leiduvaid peletava toimega ained jagatakse tinglikult kahte rühma: puhtad repellendid ning deterrendid. Esimesse rühma kuuluvad ained avaldavad mõju haistmisorganitele, mida putukad tunnevad taime ümbruses ning seetõttu on sunnitud eemalduma taimest juba enne sellele laskumist. On teada, et harilik

toomingas (*Prunus padus* L.) on eriti tõhus õitsemise ajal, hoides eemale maakirpe ja kapsakärbest (Kuusik 1977a; b). Teise rühma moodustavad aga vähelenduvad ühendid (terpeenid, flavonoidid, eeterlikud õlid, alkaloidid), mida putukad tajuvad maitsmis- ja kompimismeele abil kui on laskunud juba taimele (Isman 2006; El-Wakeil 2013). Sellised ained toimivad kui näljane või munemisvajadusega putukas laskub taimele, kesknärvisüsteemi toimetel ergastuvad putuka retseptorid ning organism on valmis munema või toituma. Sel ajal hakkavad aga putuka retseptoritele mõju avaldama taimes sisalduvad peletavad ained ning putukas käitub vastavalt tugevamale reaktsioonile – nälg ja munemine või neid pärssivale mõjule. Maakirpudele ebameeldivat mõju avaldavad taimed on aedruut (*Ruta graveolens* L.), koirohi (*Artemisia absinthium* L.), küüslauk (*Allium sativum* L.), mündid (*Mentha*), naistenõges (*Nepeta cataria* L.), puju (*Anthemideae*), tubakas (*Nicotiana*) (Luik 2012; Metspalu *et al.* 2014; Metspalu 2017).

Toitumist pidurdavad ained taimes hakkavad toimima, kui putukas on taimest võtnud esimese suutäie. Söömapärssijaks võib olla ebakvaliteetne toit, mis takistab maitsemeelte kaudu maitseretseptorite loomulikku tegevust, see aga stimuleerib alalõuas paiknevaid deterrendiretseptoreid või pärsib toituma innustavaid tunderakke. Selle kõige tulemusena tunnetab putukas toidu kvaliteeti ja katkestab söömise. Putukate toitumist võivad pidurdada ka meeleelundite kaudu ajule käsklusi edastavad taimsed ühendid. Tagajärjena lõpeb seedefermentide tootmine, mille toime aeglustub või lakkab ning olenemata putuka soolestikus olevast toidust sureb ta nälga raskendatud või lakanud seedetöö tulemusena (Kuusik *et al.* 1995; Luik 1997; Metspalu 2017).

Putukatele võivad taimsed ühendid põhjustada mürgistust. Sõltuvalt ainete keemilistest omadustest võivad mürgid mõjutada putukat erinevaid teid pidi. **Närvimürgid** (Sosnovski karuputke (*Heracleum sosnowskyi* L.) ekstraktid, püretiinid) mõjuvad närvikiule ehk aksonile, kutsudes esile kõrge sagedusega närviimpulsse, millejärel tabab mürgistus närvisõlmi ning rakkudevaheline side on rikutud, lihased lõtvuvad ja refleksikaar lõpetab töötamise. Raskematel juhtudel putukas sureb, kergemal mürgistusel aga toibub halvatusesest. **Lihaste mürgid** (liblikõielistel: derris (*Derris elliptica* L.), odaviljak (*Lonchocarpus monilis* L.), tuhkleht (*Tephrosia candida* (Roxb.)) aga põhjustavad lihaste täieliku lõtvumise, isegi meeleelunditest saabuvate signaalide toel puudub kokkutõmbevõime. Putukas kulutab liialt energiat ning kurnatus suureneb. **Atsetüülkoliinesteraasi inhibiitorid** ehk pidurdajad takistavad neuronite vahelist närvierutuse ülekannet (Atsetüülkoliin-esteraas on ensüüm, mis tagab närvirakkude tavapärase toimimise). Väiksed doosid mõjuvad putukatele

ärritavalt, suured doosid aga halvavad närvitegevust, on surmavad. Antud toimega on näiteks harilik tubakas, must belladonna (*Atropa belladonna* L.) ka koirohu (*Artemisia absinthium* L.), granaatõuna (*Punica granatum* L.), aed-liivatee (*Thymus vulgaris* L.) ja ogalise lantaani (*Lantana camara* L.) ekstraktid võivad pärssida mitmetel kahjuritel atsetüülkoliinesteraasi. **Koehingamise mürgid** (nt toomingas (*Prunus padus* L.) amügdaliin, sinihape ja selle soolad – tsüaniidid) seiskavad elektronide transpordiahela töö, energia vabanemise ning talletamise adenosiintrifosfaadis – universaalne energia talletaja ja ülekandja. **Lahutusfaktorid** (nt dafniin näsiniines (*Daphne mezereum* L.), fraksiin saares (*Fraxinus excelsior* L.), eskuliin hobukastanis (*Aesculus hippocastanum* L.) on hingamisahelas normaalse töö negatiivsed mõjutajad, tekitades kasutamatu soojust, organism talitleb tühikäigul. Seda toimet kirjeldab koehingamise järsk tõus. **Kitiini sünteesi inhibiitorite** toimel ei moodustu uut sisemise pinnakoe ensüümi kintiinsüntetaasi aeglustumise tõttu, mille tõttu sureb putukas kestmisel. Putukatele võib surma põhjustada lisaks eelkirjeldatud otsestele mürgistustele ka mürkide järelmõju, mis tulevad esile alles putuka järgnevates arengujärgkudes. Tavalisemad mürgistust põhjustavad taimed on näiteks tulikas (*Ranunculus acris* L.), piibeleht (*Convallaria majalis* L.), sinine käoking (*Aconitum napellus* L.) (Kuusik *et al.* 1995; Rattan 2010; Casida, Durkin 2013; Tehri, Singh 2015).

Taimed võivad mõjutada putukate arengut rikkudes moondeprotsessi, häirides paljunemist jne. On leitud, et nii mõnedki taimed jäljendavad putukate närvisüsteemile omaseid keemilisi ained, mis põhjustavad muutusi putuka arengus. Näiteks putukate ekdüsoonile (kestumishormoonile) sarnase keemilise struktuuriga taimne ekdüsoid avastati jaapanlaste poolt Nakai kivijugapuu (*Podocarpus nakaii* Hayata) leotisest (Nakanishi 1992). Seda ainet on leitud veel harilikust jugapuust (*Taxus baccata* L.), sookailist (*Ledum palustre* L.), maarjasõnajalast (*Dryopteris filix-mas* L.), kilpjalast (*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn) ning kivi-imarast (*Polypodium vulgare* L.) (Lafont 1997). Sellised ühendid rikuvad putukate arengu kulgu, kus vastsed nukkuvad varajases staadiumis ning taolised väärarenguga nukud pole eluvõimelised (Nakanishi 1992; Lafont 1997).

Taimest lenduvad ühendid võivad mõjuda putukatele ka ligitõmbavalt, meelitades näiteks putukat endale munema või endast toituma. Toiduatraktandid toimivad meelitavalt näiteks maakirpudele, kapsaliblikatele ja teistele kahjuritele. Ristõielised meelitavad putukaid ligi neist eristuvate glükosinolaatide laguproduktide – sinepiõlide lõhnad. Suguatraktandid on liigispetsiifilisemad ning meelitavad tavaliselt ligi vaid isast sugupoolt ning neid kasutatakse feromoonpüünistes putukate püüdmiseks ning monitooringus. Taimede atraktiivsust

putukate suhtes kasutatakse ära kahjurite püüdmiseks (püünistaimed) (Luik 1997; Schoonhoven *et al.* 2005; Isman 2006).

1.1.3. Glükosinolaadid taimedes

Ristõielistes taimedes esinevad sekundaarsed ühended – glükosinolaadid, mis annavad neile taimedele iseloomuliku lõhna ja maitse. Need teisesed ainevahetussaadused on seotud väävlit ja lämmastiku ainevahetusega ning taime kasvuga (Maina *et al.* 2015). Neid nimetatakse ka sinepiõlide eellasteks. Glükosinolaadid asuvad taimeraku vakuoolis, sisaldades väävlit ja lämmastikuühendeid ning võivad olla nii atsüklilised kui ka aromaatsed (Schoonhoven *et al.* 2005). Kõikides ristõielistes taimedes leidub glükosinolaate. Nende koosseis on taimeliigiti erinev. Näiteks kapsarohu perekonna (*Brassica*) mõnel liigil on leitud kuni 30 erinevat glükoosinolaati. Esimene glükosinolaat – sinalbiin, eraldati sinepi seemnetest juba 1831. aastal. Tänapäevaks on kindlaks määratud üle 120 erineva glükosinolaadi (Das *et al.* 2000; Schoonhoven *et al.* 2005; Bellostas *et al.* 2007; Hopkins *et al.* 2009).

Glükosinolaadid mängivad olulist rolli taime ja putuka vahelises suhtes nii kaitsemehhanismina kui ka toiteallika ja munemisel ergutina. Sealjuures on antud ained suurtes kogustes kahjulikud nii inimestele kui loomadele (Bartlett *et al.* 1996; Halkier, Gershenzon 2006; Bohinc *et al.* 2013). Taimekaitstes on aga glükosinolaadid vägagi olulised, kuna neile mittekohastunud putukaliikidele on selliseid aineid sisaldavad taimeliigid vastuvõetamatud. Antud kibedamaitselisi aineid leidub taime erinevates ontogeneetilistes etappides erinevates kogustes. Seemiku idulehtedel on kõrgeim glükoosinolaatide tase, juurtes on antud tase suurem kui maapinnale ulatuvates taimeosades. Maapinnalt kõrgemale tõusvates taimeosades eriti aga õites ja seemnetes esineb oluliselt kõrgem glükosinolaatide tase (Hopkins *et al.* 2009; Badenes-Perez *et al.* 2014).

Rakkude vigastamisel vabanevad glükosinolaadid hüdroolüüsuvad ensüüm mürosinaasi toimel isotiotsünaatideks, tiotsünaatideks või nitrilideks, need vabanevad keskkonda ning just neil arvatakse olevat taimes kahjurite ja ka haiguste vastased kaitsefunktsioonid (Fahey *et al.* 2001). Samas aga mõjuvad neile spetsialiseerunud kahjuritele nii paljunemise kui toitumise atraktantidena. Peale ristõieliste (*Brassicaceae*) sugukonda kuuluvate taimede, sisaldavad glükosinolaate mitmetesse teistessegi sugukondadesse (*Resedaceae*, *Euphorbiaceae*, *Capparaceae*, *Tropaeolaceae*) kuuluvad taimeliigid, mistõttu on neil ristõieliste taimedega ühiseid kahjureid (Metspalu 2017).

Putukad on pika ühise ajaloo jooksul kohastunud taimede kaitsemehhanismidega. Nii ongi ristõieliste kultuuride kahjurid kohastunud glükosinolaatide ja nende laguproduktidega ning need annavad nüüd putukale vihjeid toidu ning munemispaijade olemasolu kohta (Renwick 2002). Nii näiteks on suur hulk maakirbuliike spetsialiseerunud ristõielistele ning valivad eluliste vajaduste rahuldamiseks glükosinolaate sisaldavaid taimeliike (Cosse *et al.* 2006). Ristõieliste taimede ja neile spetsialiseerunud kahjurite omavaheliste suhete uurimine on näidanud, et lisaks sellele teatud ja tuntud faktile, et glükosinolaadid ning nende laguproduktid on maakirpude ligimeelitajad, toidu- ja munemisatraktandid (Hopkins *et al.* 2009), on need putukad võimelised muutma need teised ained oma kehas kahjutuks ning selleks on neis olemas vastavad ensüümid (Beran *et al.* 2014).

Tuleb märkida, et ristõieliste maakirpude valikud sõltuvad paljudest muudestki teguritest, kuid määravaks saab siiski, millist glükosinolaati kõige sobilikum taim sisaldab, kui kõrge on selle kontsentratsioon. Kuna tavaliselt on taimes rohkem kui üht liiki glükosinolaati, siis saab määravaks ka nende omavaheline suhe. Nagu juba märgitud võivad ainevahetusproduktide kogused ja vahekorrad eri taimeosades olla erinevad (Winde, Wittstock 2011), aga erinevused tulevad esile ka erinevatel arenguetappidel (Chaplin-Kramer *et al.* 2011). Eri taimeliikides võib olla väga erinev glükosinolaatide arvuline hulk. Kui näiteks harilikust müürloogast (*Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh.) on leitud 34 erinevat glükosinolaati, siis enamasti on neid taimeliigiti arvuliselt vähem ja tavaliselt piirdub see kuue kuni kümne erineva glükosinolaadiga (Beran *et al.* 2014; Sirel 2008; Kiis 2016). Näiteks on suures mungalilles (*Tropaeolum majus* L.) valdavaks ainult glükotropaeoliin, paarist teisest glükosinolaadist on taimes märgatavad vaid jäljed (Kleinwächter *et al.* 2008).

Valges peakapsas on peamisteks glükosinolaatideks glükobrassitsiin, sinigriin ja glükoraphaniin (Choi *et al.* 2014). Rapsil on teada 27 erinevat glükosinolaati (Leming, Lember 2004), kusjuures valdavad on progoitrin, glükonapiin ja glükobrassikanapiin (Etienne, Dourmad 1995). Paktsiist teatakse olevat seitse erinevat glükosinolaati, rohkemal määral sisaldab taim glükonasturtiini, glükonapiini ja glükobrassikanapiini (Zhu *et al.* 2013). Õlirõikal on aga valdavaks glükosinolaadiks dehüdroerutsiin (Ishida *et al.* 2014).

Erinevad glükosinolaadid võivad samale putukaliigile toimida erinevalt, mis ongi üheks põhjuseks, miks putukaliikidel on samasse perekonda kuuluvatele toidu- ja paljunemistaimede valikutes eelistused. Nii näiteks on ristõielistes sisalduv glükobarbariin ja glükobrassitsiin suur-kapsaliblika (*Pieris brassicae* L.) ja väike-kapsaliblika (*P. rapae* L.)

valmikutele munemissstimulaator (Huang, Renwick 1995), sinigriin aga nende vastsetele toitumissstimulaatoriks (Renwick, Lopez 1999).

1.1.4. Püünistaimed maakirpudele

Püünistaimed on taimed, mida kasvatatakse või külvatakse putukate käitumisega manipuleerimiseks – nende meelitamiseks, kinni pidamiseks, kogumiseks ning sihipäraseks eemaldamiseks, et vähendada nii põhisaagile tehtavat kahju (Shelton, Badenes-Perez 2006).

Püünised, mis koosnevad atraktiivsetest peremeestaimedest või kahjurite poolt eelistatud taimeliikidest, istutatakse kaitstava põhikultuuri lähedusse, hoides ära nende liikumine põhikultuurile või tõmmatakse nad sealt ära. Sellega koondatakse nad lõksu, kust neid on võimalik ökonoomselt eemaldada ja hävitada (Hokkanen 1991). Selline lähenemisviis taimekaitsele võimaldab vähendada insektitsiidide tootmist ja kasutamist, mõnel juhul on võimalik putukamürgina kasutatavaid kemikaale täielikult vältida. Viimastel aastatel on püünistaimede kasutamise uuringud insektitsiidide asendamiseks pälvinud järjest rohkem tähelepanu (Shelton, Badenes-Perez 2006; Cook *et al.* 2007; Veromann *et al.* 2012; Kaasik *et al.* 2014a, b).

Niisiis kuuluvad püünistaimed sellisesse taimekaitseks rakendatavas kultuuride mitmekesistamise skeemi, mille ülesandeks on hoida kahjurid põhikultuurilt eemal ning vähendada sellega keemiliste taimekaitsevahendite survet keskkonnale (Hokkanen 1991; Shelton, Baden-Perez 2006; Cook *et al.* 2007). Taimsed putukapüünised toimivad tänu sellele, et putukatel on oma kindlad eelistused taimeliikidele, sortidele või kasvufaasidele (Parker *et al.* 2016). Seega siis püüavad põhikultuuri lähikonnas paiknevad saatuslikult veetlevad lõksutaimed kahjuri kinni ning põhikultuur, mis on selles süsteemis tavaliselt vähematraktiivne, kuid majanduslikult väärtuslikum on kahjurivaba (Shelton, Badenes-Perez 2006; Metspalu 2017).

Enamikel juhtudel on sellistes süsteemides kasutatud vaid ühte atraktiivset taimeliiki, kuid mitmest erinevast taimeliigist kokku pandud meelistaimed võiks lõksu ülesandeid isegi paremini täita. Sellega tekitatakse pikemat aega kestav putukale meeldivate taimeliikide konveier (Metspalu 2017). Oluline selle juures on, et kuna putukas leiab peamiselt taime üles lõhna abil, siis võivad mitme liigi kooskasvatamise korral igale taimeliigile omased, kuid kahjurile atraktiivsed lõhnakomponendid üksteist täiendada ja isegi toimeid tugevdada

(sünergeeruda) ning ligitõmbutus seeläbi tõuseb (Parker *et al.* 2016). Kui kasutada koos aga selliseid püünistaimi, kus üks on atraktiivse lõhnaga, teine aga silmatorkava välimusega, mida putukas juba kaugelt fikseerib (kaugorienteerumine), võib selline taimekombinatsioon anda samuti positiivseid tulemusi. Sellisel juhul mõjutavad putuka käitumist nii lõhn kui nägemistaju (Eigenbrode *et al.* 2015). Sobivate taimeliikide kokkupanekul tuleb arvestada sedagi, et taimede keemiline koostis muutub ajas ning pannes kokku eri vanuses atraktiivseid taimeliike, võime saada samuti pikemaajaliselt töötava püünise (Metspalu 2017). Kahjurite invasioonid on oma kindlatel aegadel, näiteks maakirpudel on see mai lõpus-juunis. Seepärast on oluline, et selleks ajaks kui tõrjutav kahjur ilmub, oleksid püünistaimed neile kõige atraktiivsemas staadiumis (Hiisaar *et al.* 2003). Häid tulemusi on saadud kui püünistes asendati sama taimeliigi vanemad taimed pidevalt noorematega – atraktiivsus püüdis pikema aja vältel ning hoidis kahjurid põhikultuurilt eemal (Metspalu 2017).

Maakirpude tõrje eesmärgil on püütud kapsapõldude lähikonnas kasvatada looduslikke ristõielisi, kes hakkavad kevadel varakult arenema ning maakirbud jäävadki neile pidama ning kapsataimed saavad normaalselt areneda (Ekbohm 2010). Sellistes katsetes on näiteks katsetatud põldsinepit (*Sinapis arvensis* L.) ja harilikku müürlooka. Nende atraktiivsem toime arvatakse tulenevat selles, et neis on valge peakapsa sortidega võrreldes teistsugune glükosinolaatide sisaldus, mis on sellele kahjurile tugevamad meelitised (Barel *et al.* 2012). USA-s on maakirpude püünistaimena katsetatud kähara lehtsinepiga (*B. juncea* (L.) var. *crispifolia*) ja hiina lillnaerisega (*B. rapa* L. ssp. *chinensis* var. *parachinensis*), et kaitsta brokolit ristõieliste maakirpude rünnakute eest (Parker, Snyder 2017). Naerise kasvatamine kapsapõllu servaalal aitas vähendada maakirpude kahjustusi valgel peakapsal (Kiis 2016).

Tuleb siiski ka märkida, et mitte kõik kombinatsioonid ei anna alati positiivseid tulemusi. Näiteks kui valge peakapsa lähikonda külvati sarepta kapsasrohtu (*B. juncea* (L.) Cernj.) eesmärgiga püüda kapsakoid ja väike-kapsaliblikat, tõmbas nimetatud püünistaim neid kahjureid rohkelt ligi ning neid jätkus ka kapsale kus arvukus oli lõpuks kontrolliga võrreldes oluliselt kõrgem (Parker 2012).

2.1. Katsekultuurid

2.1.1. Suviraps (*Brassica napus* L. var. *oleifera* subvar. *annua*)

Raps on õli- ja söödataim, mis kuulub liigirikkasse kapsasrohu (*Brassica* L.) perekonda. Kuna rapsil on nii morfoloogiliselt kui geneetiliselt palju sarnasust kaalikaga, nimetatakse teda ka õlikaalikas. Eesti kliimas eelistatakse kõige enam kasvatada õlikultuurina rapsi. Rapsi metsikut esivanemat ei ole avastatud, eeldatakse vaid, et raps on kapsa ja rüpsi ristand. Rapsil on kaks vormi: suvi- ja talivorm. Nende vormide peamine erinevus seisneb külvi- ja kasvuajas ning saagipotentsiaalis, kus taliraps ületab saagikusest suvirapsi pea kahekordselt (Kaarli 2003). Rapsikultuuride kõrgus võib ulatuda 50-150 sentimeetrini, vili on kuni 10 cm pikkune kõder (Fletcher 2005; Tuubel 2014).

Eestis alustati rapsikasvatusega 1960.-ndatel aastatel, algselt kasvatati taime vaid silokultuuri ning haljasöödana, kuna seemnetest saadav õli ei vastanud kvaliteedinõuetele, seega ei olnud võimalik seda taimeõli ega õlikoogi valmistamiseks kasutada. Tänapäevastes rapsisordi seemnetes on toiduks sobimatute ainete osakaal (erukahape ja glükosinolaadid) piisavalt madal, et toota kvaliteetset rapsiõli, margariini ja söödaproteiini (Leming, Lember 2004). Peale inimeste toidu ning loomasööda on võimalik, et rapsiõli võib tulevikus saada mootorikütuse lähteaineks. Rapsiga aktiivset majandamist on siiani aeglustanud selle madal saagikus, mille põhjuseks võib olla ebapiisava agrotehnika kasutamine. Eesti keskmisena on rapsisaagikus olnud pikemat aega 1,2...1,3 t/ha, hea tasemega agrotehnika kasutamisel on saagipotentsiaaliks hinnatud aga 2...3 t/ha (Kaarli 2003). Suvirapsi kvaliteetse saagi osa on võimalik suurendada, kui kultuuri kasvatada soodsa niiskuse- ja valgustusega mullaerimises (näiteks kamar-leetmuldadel), kuna raps ei talu pikalt kestvat veepuudust ega liigniiskust. Rapsi ei sobi kasvatada turvasmullas, kui siis haljassöödana, kuna seeme valmib kauem ja ebaühtlaselt. Kuna rapsil on samasuguseid haiguseid herne, lina ja kartuliga – vastavalt valgemaädanik, kuivlaiksus, tõusmepõletik, siis peaks vahe nendega külvikorras olema vähemalt 1...2 aastat. Rapsi ennast aga ei soovitata kaks aastat järjest kasvatada, kuna ristõieliste haigused võivad tulla esile mulla kaudu järgmisel aasta. Vahe teiste ristõieliste kultuuridega peaks rapsil olema vähemalt 4...5 aastat, mis tagaks mulla piisavalt hea kultuurseisundi (Kaarli 2003; Noormets *et al.* 2007).

Suvirapsi seemned on välimuselt mustad kuni tumepruunid. Tema seemned idanevad mullas 5 soojakraadi juures, kuid parema saagi tagamiseks on optimaalne külviaeg, kui keskmine

õhutemperatuur on 10...15 °C. Peale külvi tuleb suvirapsi seemnete valmimist oodata 110...120 päeva. Koristusvalmis seemned on vähemalt 90% ulatuses muutunud pruunikaks sisaldades 40...45% taimeõli ning ligi 23% proteiini. Rapsi negatiivne külg seisneb selles, et tema seemned varisevad kergelt (Kaarli 2003).

Suvirapsitõusmete ja noorte taimede tähtsamateks kahjuriteks on maakirbud, kes suure arvukuse korral võivad tõusmed täielikult hävitada. Noortesse taimedesse närivad nad auke, vähendades assimilatsioonipinda, milletõttu aeglustub taime kasv. Taime kriitiline periood kestab selle ajani, mil ta on arenenud 4–6 pärislehe faasi, hilisemad kahjustused ei ole taime arengut oluliselt pärssivad. Lisaks kahjuritele ohustavad rapsi kogu kasvuperioodi ajal erinevad seenhaigused nagu tõusmepõletik, mustmädanik ehk fomoos, kuivlaidus, valgemädanik, hahkhallitus, ebajahukaste jt, mille tagajärjeks võivad olla väga suured saagikaod (Inouye 1982; Gavlovski, Lamb 2000; Tuubel 2014).

2.1.2. Suvirüps (*Brassica rapa* L. var. *oleifera* subvar. *annua*)

Rüps ehk õlinaeris kuulub kapsasrohu (*Brassica*) perekonda, tema metsikuks esivanemaks peetakse põld-kapsarohu (*B. campestris* L.). Nimi õlinaeris tuleneb sellest, et rüpsitaim sarnaneb leheroseti perioodil olemuselt ja kujult oluliselt naeriga (*B. rapa* L. var. *rapa*). Rüpsi kasvatatakse õli- ja söödataimena, tema seemned on pruunid kuni punakaspruunid, vähestel sortidel aga ka kollased (Kaarli 2003).

Rüpsil on iseloomulikud õied – need jäävad avanemata õiepungadega samale tasemele või veidi kõrgemale. Kõder e kahepesaline (vaheseinaga) pikuti kaheks poolmeks avanev avavili paikneb rüpsil pooleldi horisontaalselt varre küljes, viltuselt suunaga ülespoole. Tema kollakasrohelistel lehted on karedad seal asetsevate väikeste karvakeste tõttu. Kuigi rüps ja raps võivad tunduda väliselt sarnased, seisneb nende bioloogiline erinevus rüpsi kiiremas arengus ja lühemas kasvuajas. Rapsilehed on sinakasrohelistel ja vahaga kaetud, rüpsil aga tumedamad rohelised ja karvased. Samuti on rüpsil peenem seeme, sellest tulenevalt ka saagikus madalam kui rapsil. Rüpsil nagu ka rapsil on nii suvi- kui talivorm. Nende vormide bioloogiline erinevus seisneb talivormide suuremas saagivõimes. Talivormide kasutamist piiravad meil aga ebaühtlased talvitumistingimused ning vähene talvekindlus. Saagipotentsiaal rüpsitaimel on Eesti tingimustes korraliku agrotehnika olemasolul hinnatud

kuni 2,5 t/ha. Agrotehnikaliste puuduste tõttu jääb rüpsi saagikus aga 1,2...1,3 t/ha vahele (Kaarli 2003; Noormets *et al.* 2007).

Mullastiku suhtes on rüps nõudlik, kasvades kõige paremini keskmistel liivsavi- ja saviliivmuldadel, kus pH on üle 5,5. Sademeterohke ja jahedam ilm võib põhjustada taimedele ebapiisava tolmlamise, mille tõttu väheneb saagikus. Tolmeldajate toomine suurematele põldudele suurendaks tolmeldamist ning see omakorda seemnesaaki 15...24%. Mesilaste toomine põllule oleks eeliseks täielikumale tolmeldamisele, ühtlasemale õitsemisele, suurematele ja rohkematele kõtradele ja seemnete arvule kõdras (Karise *et al.* 2004). Suureneks ka õlisisaldus seemnetes ning valmimata seemnete koguhulk oleks väiksem. Samuti takistaks mardikatel taimi kahjustada, kuna õitsemine toimuks lühema aja jooksul (Kaarli 2003).

2.1.3. Õlirõigas (*Raphanus sativus* L. var. *oleiferus*)

Õlirõigas kuulub rõika (*Capparales: Brassicaceae*) perekonda. Antud ristõielist nimetatakse ka jaapani rõikaks ning daikoniks. Jaapanis on õlirõigast toidutaimena kasvatatud juba sajandeid. Õlirõika lehed kasvavad kogumis, moodustades 10...40-st tugevalt lõhustunud lehest leheroseti. Taim õitseb kevadel ning omab nelja kroonlehte, mis on värvuselt roosad, valged või lavendlitooni. Kasvuperioodil moodustub taimel valge muguljuur, mis on 39% kogu taime biomassist. Sõltuvalt sordist võib õlirõigas kasvada kuni 1,5 m pikkuseks ning kaaluda 1,5...16 kg, vegetatsiooniperiood vahemikus 40...200 päeva (Yamaguchi, Okamoto 1997; Haramoto, Gallandt 2005; Talgre 2013).

Õlirõigas eelistab kasvuks niiskeid tingimusi ning talub hästi kergemaid miinuskraade, kuid madalamaid kui -6 °C taim ei kannata. Antud ristõieline taim ei talu varju ega seisvat vett, samuti lämmastikurikast pinnast. Õlirõigast saab edukalt kasvatada viljakal, õhukesel saviliiv- või kergel savimullal, mille pH on 6.0...7.5 ning põhjavesi asub sügaval (Sundermeier 2008).

Peamiselt kasvatatakse õlirõigast vahekultuurina, kuna taim on hea toiteainete sidumisvõimega ning aitab säilitada mulla kvaliteeti ja viljakust, suurendades sellega järgnevate kultuuride tootlikkust (Talgre 2013). Sarnaselt teistele rõika perekonna

taimeliikidele eraldavad õlirõika juured glükosinolaate, mis aitavad hävitada mullas elutsevaid kahjureid nagu peedi-kiduussi (*Heterodera schachtii* Schmidt). Antud nematood võib kahjustada kapsast (*Brassica oleracea* L.), spargelkapsast (*B. oleracea* L. var. *italica*) ja teisi rõika perekonda kuuluvaid kultuure (Budahn *et al.* 2009; Magdoff, Van Es 2009).

2.1.4. Valge peakapsas (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* f. *alba*)

Valge peakapsas on kapsasrohu perekonda kuuluv levinuim ristõieline köögiviljakultuur. Taime lehed paiknevad tihedalt ja tugevalt üksteise vastas, kattes ära kapsa pea. Valge peakapsa pea koosneb paljudest varretutest lehtedest. Antud kultuur on väga vitamiinirohke, söögitaimeks kasutatakse varajast peakapsast vaid värskelt ning keskvalmivat tavaliselt hapendatult (EE 2011 s. v. peakapsas).

Kuna valge peakapsas on suure toitainevajadusega kultuur, siis soovitatakse teda kasvatada pärast liblikõielisi sõnnikut saavale alale. Hoidumaks haiguste ja kahjurite eest peaks külvikord olema vähemalt iga 4...5 aasta järel, viljavaheldusena sobivad kõik kultuurid, v. a. ristõielised. Valge peakapsas eelistab kasvada hea veemahtuvusega sügava künnikihiga huumusrikastel ja parasniisketel kergetel liivsavimuldadel, mis on neutraalsed kuni nõrgalt leelised – pH 6,0...7,5. Happelisematel muldadel haigestub kapsas kergesti kapsajuurepõletikku (nuuter), mida tekitab limaseen *Plasmodiophora brassicae* Woronin (Põldma, Luik 2010; EE 2011 s. v. peakapsas).

Hilist peakapsast külvatakse 40...50 päeva enne istutamist, aprilli esimesel poolel külvikastidesse. Keskvalmivat valget peakapsast külvatakse aprilli teisel või kolmandal nädalal. Valge peakapsas tõuseb kuni 8 päeva möödudes peale külvi. Hea valgusega kasvukohas moodustub kapsapea paremini. Nii hilised kui keskvalmivad taimed istutakse kui nad on jõudnud 4...5 pärislehefaasi. Valge peakapsas talub kergeid varaseid öökülmi, peale väljaistutamist lühiajaliselt isegi -2...-5 °C. Kasvuperioodil on taime normaalseks arenguks eelistatav temperatuurivahemik 15 kuni 18 °C. Koristusvalmid on antud valge peakapsa sordid suvelõpust hilissügiseni (Põldma, Luik 2010; Valge peakapsas...20.01.2018).

Valgele peakapsale mõjuvad hävitavalt erinevad seenhaigused, mida saab ära hoida õige külvikorraga ning mulla neutraalse reaktsiooniga. Kahjuritest on kasvuperioodi alguses

kõige ohtlikumad maakirbud ning kapsakärbes (*Delia brassicae* L.). Maakirbud võivad hävitada noore taime, närides lehtedesse auke. Kapsakärbes aga muneb taime juurekaelale, kus vaglad suunduvad juurekaela sisse milleläbi taim närbub. Kapsaste pea moodustamise ajal kahjustavad taime kapsakoi (*Plutella xylostella* L.), suur- (*Pieris brassicae* (L.)) ja väike- kapsaliblikas (*P. rapae* L.) ning kapsasöölane (*Mamestra brassicae* L.) (Põldma, Luik 2010).

2.1.5. Hiina lehtnaeris e. paksoi (*Brassica rapa* ssp. *chinensis*, sün. *B. rapa* Pak Choi-rühm)

Paksoi ehk hiina lehtnaeris kuulub ristõieliste (*Brassicaceae*) sugukonda. Paksoi on Aasias kõrgelt hinnatud söögikultuur. Ta kasvatab valgeid pehmeid ja kergeid varsi, mida kasutatakse toiduvalmistamisel. Välimuselt meenutab paksoi lehtpeeti (*Beta vulgaris* L. subsp. *vulgaris* convar. *cicla*) (Hiina lehtnaeris...20.01.2018).

Vili on kapsale iseloomulikult laia lehevarrega, millel äraspidimunajas leht. Paksoi lehed on rohelist kuni tumerohelist värvi, mahlakad valged keskrood moodustavad sibulakujulise aluse, tema leheroseti läbimõõt võib olla kuni 40 cm. Hiina lehtnaeris on mullastiku suhtes küll vähenõudlik, kuid pinnast võib komposti või kõdusõnnikuga harida, et soodustada taime kasvu. Seemneid külvatakse esimestel juulikuu päevadel avamaale/ kasvuhoonesse või varakevadel ettekülvina pottidesse. Paksoi on külmakindel kultuur, eelistab kasvada temperatuuril 15...20 °C. Valmimisaeg on 40 kuni 50 päeva peale külvi või 25 päeva peale istikute väljaistutamist. Suvel külvatuid taimi koristatakse enne külma tulekut septembris (Hiina lehtnaeris...20.01.2018).

Haigustest kimbutavad paksoid kõige tavalisemad kapsaliste haigused nagu bakteriaalne pehme mädanik (*Erwinia carotovora*), mille puhul viljakest on terve, sisemus aga pudrutaoline ja vesine. Samuti kapsa ebajahukaste (*Peronospora parasitica* (Pers.) Tul.), kuivlaiksus (*Alternaria* spp.) ja kapsa-juurepõletik - nuuter (Bok Choy 2014; Hiina lehtnaeris...20.01.2018). Kapsa ebajahukaste põdemisel tekivad kapsa lehtedele ja roole helepruunid kuni mustjad laigukesed (Mitchell-Olds *et al.* 1995). Haigus levib mulla ja nakatunud taimejäänuste kaudu, säilides eoste ja seeneniidistikuna. Nuutrisse nakatunud taimede kasv muutub oluliselt aeglaseks ja kehvaks. Taimede juurtele tekivad ümarad moodustised, millejärel hakkavad juured mädanema ning muutuvad lõpuks vedelaks

massiks. Haigestunud taimede maapealne osa muutub kollakaks või punakas-lillaks, vajudes norgu ja hävides. Haiguste ja kahjurite ennetamiseks võib kultuuri kasvatada samal kohal alles 3...4 aasta pärast (Dixon 2006; Mirka 2015; Hiina lehtnaeris...20.01.2018).

2. MATERJAL JA METOODIKA

2.1. Katsete planeerimine ja rajamine

Põldkatse viidi läbi 2017. aastal Eesti Maaülikoolis, Tartus, Eerika katsepõllul. Katselappide suurus oli 2x2 m ning kõiki lappe ümbritses 1 m laiune taimikuvaba kaitseriba (joonis 1). Katsevariante oli kokku kuus ning kõik variandid olid kolmes korduses.

1m												
Raps		Hiline kapsas		Õlirõigas		Keskvalmiv kapsas		Raps		Paksoi		
1m												
Paksoi		Õlirõigas		Raps		Paksoi		Hiline kapsas		Rüps		
1m												
Rüps		Keskvalmiv kapsas		Rüps		Keskvalmiv kapsas		Õlirõigas		Hiline kapsas		
1m												

Joonis 1. Katseskeem Eerika katsepõllul 2017. aastal. Erksama rohelise ning oranži värvitooniga on välja toodud kaitstavad kultuurid (põhikultuur).

Katsetaimed

Põhikultuurid: 1. keskvalmiv valge peakapsa, sort „Krautman“; 2. hiline valge peakapsa, sort „Lennox“

Püüniskultuurid: 1. suviraps, sort 'Mascot'; 2. suvrüps, sort 'Largo'; 3. õlirõigas, sort 'Bille'; 4. hiina lehtnaeris e. paksoi

Katse korraldus

1. Kapsaste ning paksoi seemned külvati aprillikuus laboris 5x5x5cm plastikust külvitopsidesse, mis olid asetatud standardsetele plastikkandikutele. Istikute ettekasvatamine toimus laboris pikas päevas (16 tundi valgust ja 8 tundi pimedus),

20–22 °C juures. Nädal enne põllule istutamist hoiti taimed karastamiseks õues. Nende katsetaimede külviajad olid ajastatud nii, et väljaistutamisel olid nad 2 – 3 pärislehe faasis.

2. 15. mail külvati põldkatses raps, rüps ja õlirõigas katselappidele. Igale lapile külvati 6 rida, 25 sm reavahedega.
3. 1. juunil istutati katselappidele keskvalmiva ja hilise peakapsa ning paksoi istikud. Igal lapil oli 9 istikut.

Tabel 1. Katsekultuuride kasvufaasid (BBCH skaala, Lancashire *et al.* 1991).

Kultuur	22.05	29.05	1.06	4.06	9.06	12.06	19.06	26.06.
Rüps	ei	0...9	10...11	11...12	13...14	13...16	13-18	50...53
Raps	ei	0	0...9	10...11	11...12	12...13	15	25...33
Õlirõigas	ei	0...9	10	10...11	11...12	12...14	15-18	20...32
Paksoi	x	x	12...13	14	14...15	16	18	50...55
Hiline	x	x	12...13	13...14	15	16...17	17...18	18...19
Keskval.	x	x	12...13	13...14	15	16...17	18	19...22

Õlikultuuride kasvufaaside kirjeldus

09...10 Tärkamine, idulehed mullapinnal ning avanenud

11...19 Lehtede areng

1...9 – pärislehe moodustumine

20...29 Leheroseti moodustumine

20 – külgharusid ei ole, 29 – 9 või rohkem külgharusid nähtaval

30...39 Varsumine, sõlmevahed ilmuvad nähtavale

30 – varsumise algus, 39 – 9 või enam pikenenud sõlmevahet nähtaval, vars normaalkõrgusega

50...59 Õiepungade areng peavarrel

50 – õiepungad tipulehtede sees varjus, 59 - esimesed kroonlehed nähtaval õied suletud

60...69 Õitsemine peavarrel

60 – esimene õis avanenud, 69 – õitsemise lõpp

71...79 Viljumine

71 – kõtradest 10% liigi- või sordiomase suurusega, 79 – kõik peavarre kõdrad täiskasvanud

80...89 Vilja ja seemnete küpsemine

80 – seeme roheline, 89- seemned on valminud.

Kapsaste kasvufaaside kirjeldused

12...13 – kaks kuni kolm pärislehte

22 – moodustunud 12 pärislehte

Andmete kogumine ja liikide määramine

Maakirpe püüti kaks korda nädalas, ajavahemikul 01.06.2017–26.06.2017.a., hommikupoolikuti (kella 9-10 ajal). Temperatuur oli siis madalam ning maakirbud väheaktiivsed. Püügiks kasutati aspiraatorit (ekshausterit). Iga taimeliigi ning korduse maakirbud koguti eraldi topsidesse ja märgistati vastavalt. Kogutud materjal toodi laborisse ning surmati sügavkülmikus. Materjal hoiti määramiseni sügavkülmikus. Proovides olevate putukate liigiline koosseis ja arvukus määrati mikroskoobiga Olympus SZ-CTV (Olympus Optical Co. Ltd, Japan). Liikide määramisel kasutati vastavaid teatmeteoseid ning taimekaitse õppetooli referentskogu.

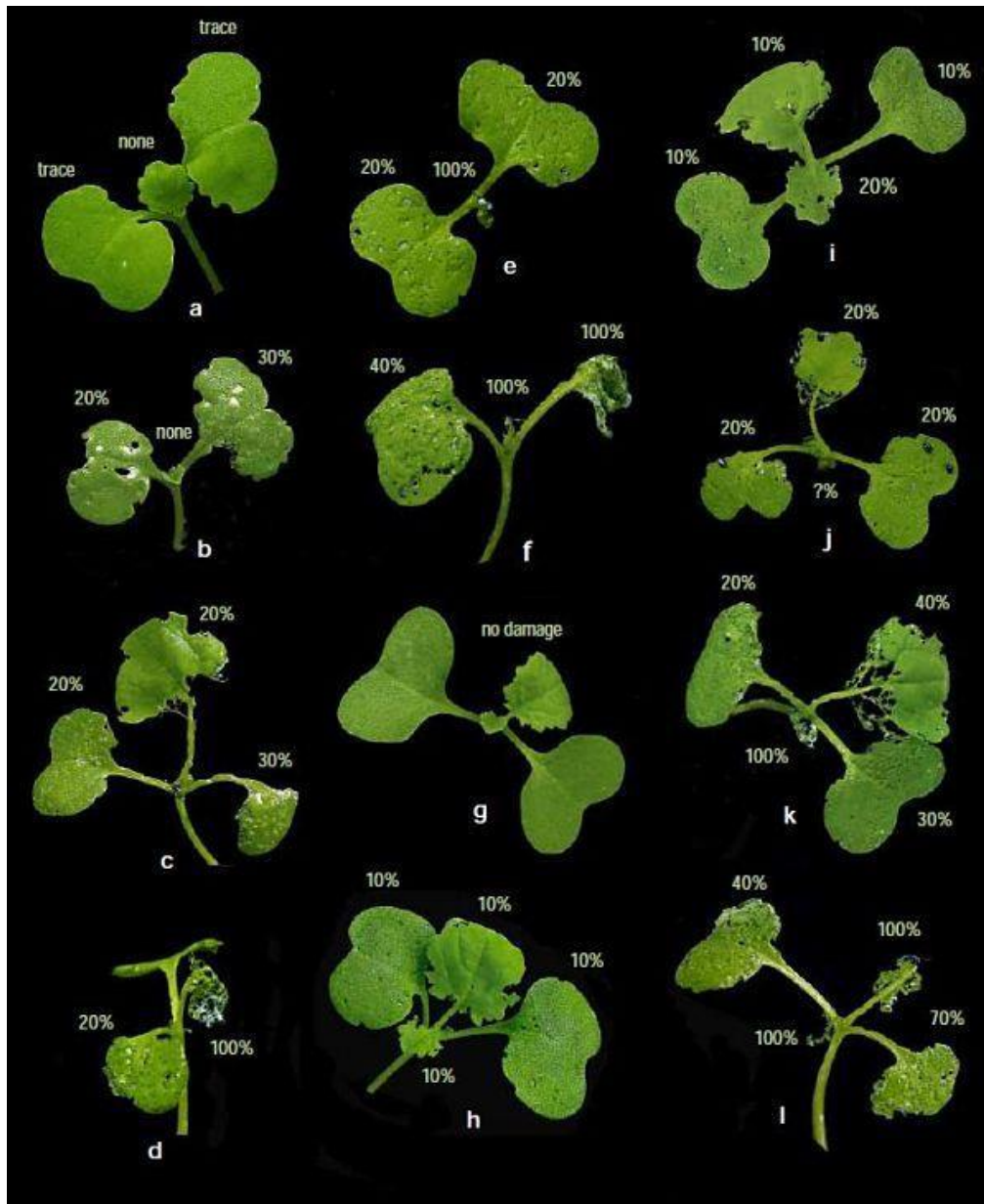
Maakirpude püügid kollaste liimipüünistega

Maakirpude püüdmiseks paigutati samal päeval (1. juuni), kui istutati välja kapsaste ja paksoi istikud, vastava hoidikuga igale katselapile üks kollane kahepoolne liimipüünis (*Insect control Catch-It Yellow*, 20x25 cm). Liimipüünise alumine serv oli mullapinnast 30 kõrgusel. Püüniseid vahetati kord nädalas. Igale püünisele märgiti vastavalt põllul olnud ajavahemik ning vastav kultuur ning kordus. Maha võetud püünised paigutati ühekaupa läbipaistvasse kiletaskusse, kuivatati ning säilitati määramiseni laboris.

Liimipüünise pind on jaotunud 1 cm² suurusteks ruutudeks. See hõlbustas maakirpude loendust. Igal püünisel määrati maakirpude liigid ja nende hulk, seda teostati binokulaari Olympus SZ-CTV abil.

Kahjustuste hindamine

Kahjustust hinnati taimede idulehtede faasist kuni 4 – 5 pärislehe faasini õlikultuuridel ning 4 – 5 pärislehe ilmumiseni kapsastel (joonis 2). Kahjustuse tase määrati kaks korda nädalas igal õlikultuuri liigil. Selleks valiti iga korduse katselapilt juhuslikult 10 taime, kapsakultuuridel aga kõik taimed.



Joonis 2. Maakirpude kahjustuste hindamise skaala idulehtede ning esimeste pärislehtede faasis õlikultuuridel (Heath 2017).

Kahjustuse tase määrati visuaalsel vaatlusel, mis baseerus taimel olevatel toitumiskahjustustel ning kahjustus hinnati protsentides kogu lehe pinnast (Heath 2017).

Kahjustus 10% - lehes kuni 5 auku;

kahjustus 20% - lehes 10-15 auku;

kahjustus 30% - lehes kuni 20 auku, osa neist suured ja kuivanud;

kahjustus 40% - lehes suured augud, kuivanud laigud, osaliselt leheääred kuivanud;

kahjustus 50% - leht poolenisti hävinud.

2.2. Andmetöötlus ja statistiline analüüs

Vaatlusperioodi jooksul kogutud andmetest moodustati andmebaas. Andmebaasi moodustamisel kasutati tabelarvutussüsteemi Excel 2013. Statistiline analüüs koostati programmiga Statistica 13. Erinevused kahjurite arvukuses katsekultuuridel leiti ühefaktorilise ANOVA abil, variantide omavahelisel võrdlusel kasutati Tukey HSD testi ($p < 0,05$) ja Fisher LSD testi ($p < 0,05$).

3. UURIMISTÖÖ TULEMUSED JA ARUTELU

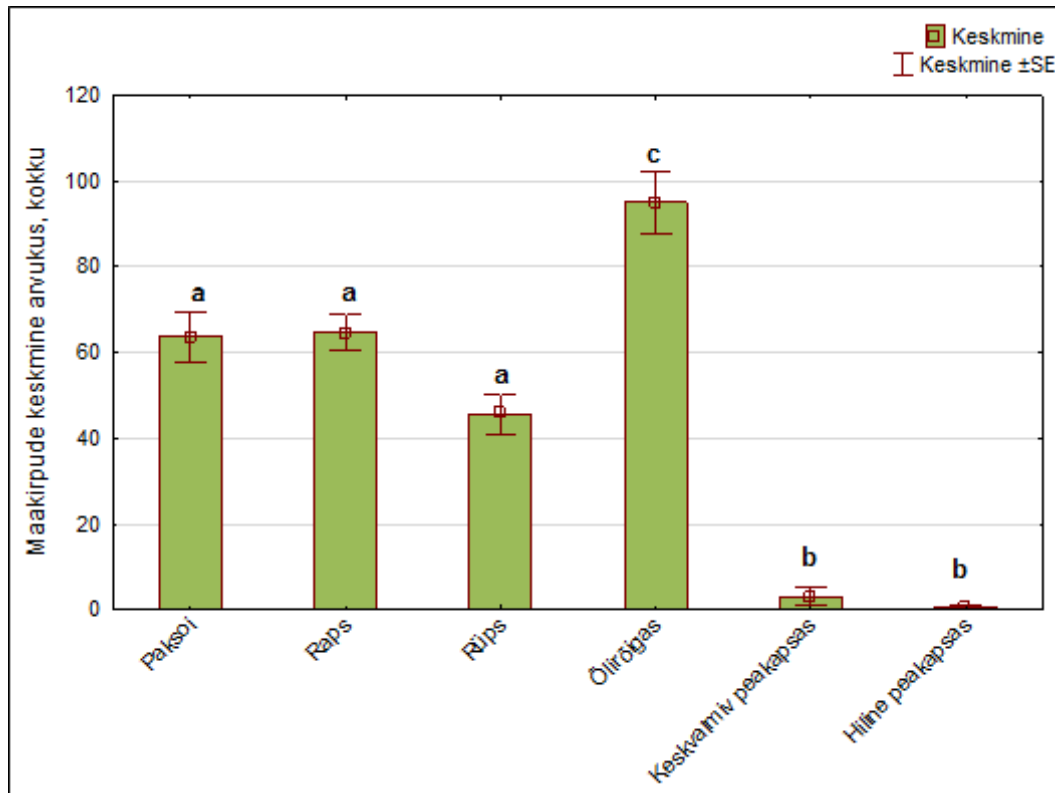
3.1. Maakirpude arvukus erinevatel katsekultuuridel

Maailmas on maakirpude liike teadaolevalt üle 4000, Eestis on ristõielistelt kultuuridelt leitud kuni 8 erinevat liiki maakirpu. Erinevates uuringutes on täheldatud, et Eestis üheks domineerivaks maakirbu liigiks ristõielistel kultuuridel on harilik maakirp (*Ph. undulata*), samuti on antud liik levinud ka paljudes teistes riikides – Lätis, Soomes, Rootsis (Metspalu, Hiisaar 2002; Hiisaar *et al.* 2003; Liblikas *et al.* 2003; Metspalu *et al.* 2014; Kiis 2016; Laugen 2017).

2017. aasta suvel toimunud katse käigus püüti katsekultuuridelt nelja liiki maakirpu – harilik maakirp (*Ph. undulata*), must maakirp (*Ph. atra*), sinihelk maakirp (*Ph. nigripes*) ning kurmtüübiline maakirp (*Ph. vittata*). Katseperioodil 1. juunist kuni 26. juunini püüti katsepõllult kokku 830 maakirpu. Järgnevalt jooniselt (joonis 3) on näha, kuidas maakirpude hulk taimeliigiti katseperioodil jagunes. Katse tulemuste kokkuvõttest selgus, et enim arv maakirpe koguti õlirõikalt, järgnesid paksoi ja raps ning mõnevõrra väiksema maakirpude hulk saadi rüpsilt. Maakirbud praktiliselt puudusid aga hilisel ja keskvalmival valgel peakapsal.

Kogu katseperioodi vältel kogutud maakirpude arvukuse statistilisest analüüsist selgus, et katses kogutud maakirpude arvukusele olid katsekultuurid olulised mõjurid (ANOVA: $F_{1;5}=62,93$; $p=0,000$). Kui võrreldi omavahel maakirpude arvukust erinevatel katsekultuuridel (Tukey HSD test) selgus, et kõigi teiste püüniskultuuridega võrreldes, püüti statistiliselt usaldusväärselt rohkem maakirpe õlirõikalt ($p=0,0001$). Jälgides statistilisi andmeid selgus, et maakirpude arvukuse omavahelisel võrdluses puudusid rapsil, rüpsil ning paksoil usaldusväärsed erinevused (kõikides võrdlustes $p>0,05$). Täiesti omaette rühma moodustasid valge peakapsa sordid. Maakirpude arvukus oli teiste katsekultuuridega võrreldes keskvalmival ja hilisel valgel peakapsal väga madal. Nendelt püütud maakirpude arvukus oli statistiliselt usaldusväärselt madalam kõikidest püüniskultuuridelt saadud maakirpude arvukuse võrdluses (kõikides võrdlustes $p<0,05$). Kapsaste omavahelisel

võrdlusel puudus kahjurite arvukuses usaldusväärne erinevus ($p > 0,05$), mis tähendab, et need kapsasordid olid maakirpudele vähematraktiivsemad kui katses olnud õlikultuurid ja paksoi.



Joonis 3. Katseperioodi jooksul kogutud maakirpude keskmine arvukus katsekultuuridel. Erinevad tähed tulpadel näitavad statistiliselt usutavaid erinevusi (ANOVA, Tukey HSD test; $p < 0,05$). Vurrud joonisel tähistavad standardhälvet, \pm SE on standardviga.

Taimtoidulistele putukatele on omane teha peremeestaimede valik peamiselt lõhnade abil, kuid oma kindel funktsioon on ka nägemismeeltel. Ristõielistele taimedele spetsialiseerunud maakirpe meelitab peamiselt taime roheline lõhn, millele lisanduvad igale taimeliigile ainuomased spetsiifilised lõhnad. Ning just need lisanduvad lõhnad saavadki taime valikul määravaks (Luik 1998; Heath 2017). Ristõielistel taimedel on lisanduvate lõhnade hulgas kindlasti glükosinolaatide laguproduktide lõhnad. Maakirpudele on taimede leidmisel olulised ka nägemisestimulid. Nii on näiteks teada, et paremini leitakse taimed üles siis kui rohelised taimed on musta maapinna taustal (Metspalu 2017). Kuigi ristõielistele spetsialiseerunud liigid toituvad ja paljunevad valdavalt neil taimeliikidel, on siiski maakirpude valikute skaala ühes otsas ristõielised, mida ei valita ei toiduks ega paljunemiseks ja teises otsas need taimeliigid, mis valitakse alati ning valikuvõimalusel esmajoones (Bohinc, Trdan 2012, 2016; Metspalu *et al.* 2014; Heath 2017).

Maakirpudele sobilike püünistaimede otsingul on leitud, et lehtsinep (*B. juncea* var. *crispifolia* Bailey) on mitmele ohtlikule maakirbuliigile vägagi atraktiivne, meelitades nad eemale kapsastelt (Grubinger 2005). Nagu juba eespool nimetatud, kaitsti Parkeri (2012) katseis brokolit maakirpude rünnakute vastu kähara lehtsinepi ja hiina lillnaerise seguga. Maaülikooli varasemates katsetes leiti, et nii kaalika kui naeri kasvatamine kapsalappide kõrval vähendas maakirpude kahjustusi valgel peakapsal (Metspalu 2017). Kiisi (2016) poolt Eerika katsepõllul läbi viidud katsed näitasid, et maakirpudel oli ristöieliste valikul selgeid eelistusi, kusjuures eelistatud taimeliigid olid paksoi ja naeris.

Katsetest selgus, et maakirbud valisid ka antud katsekultuure erinevalt. Katse eelistatuim kultuur oli õlirõigas. Õlirõika eelistuste üheks põhjuseks võis olla asjaolu, et see kultuur arenes aeglasemalt kui rüps või raps, mistõttu maakirpudele sobivad arengufaasid olid pikema aja jooksul saadaval. Rüpsi ja õlirõika kasvufaaside võrdlustabelist (tabel 1) näeme, et rüps arenes kiiremini kui õlirõigas, mistõttu kasvas kiiresti maakirpudele sobivatest kasvufaasidest välja. Kindlasti on valikutes määrav osa siiski taimede keemilise koostise erinevustes.

Katsetulemustest selgus, et selline püünistaimede koosseis põllul hoidis täielikult ära kapsaste kahjustused. Kirjanduses ei olnud varem püünistaimede sellise koosluse kohta andmeid. Seega saab järeldada, et katses olnud püüniskultuurid täitsid katse alguses püstitatud ühte eesmärki ning mõjusid maakirpudele atraktiivsemalt kui kapsad.

3.2. Maakirpude liigiline koosseis ning arvukuse dünaamika erinevatel katsekultuuridel

3.2.1. Paksoi

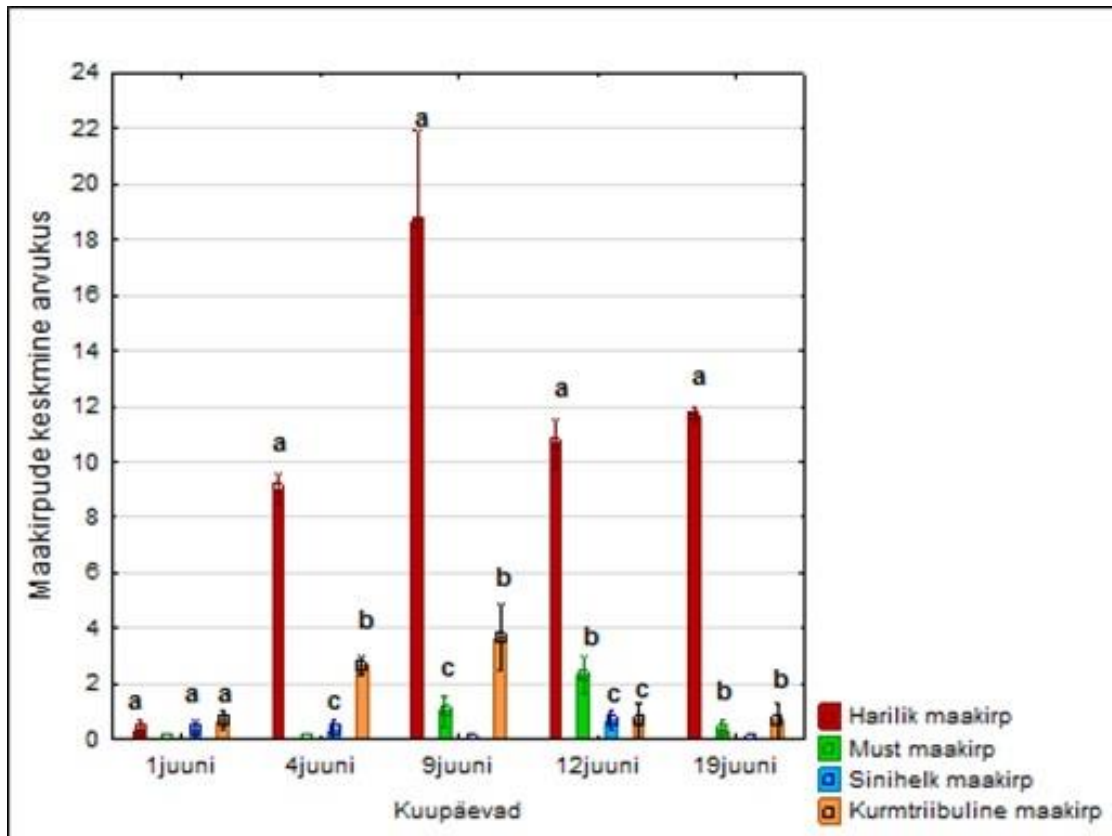
Maakirpude arvukuse ja dünaamika uurimiseks toimus paksoilt maakirpude püük järgmistel kuupäevadel: 1.juuni; 4.juuni; 9.juuni; 12.juuni ja 19.juuni, viimasel põllupäeval (26 juuni) maakirpe kultuuridelt ei leitud ning seetõttu ei ole seda kuupäeva antud töös analüüsi lülitatud.

Paksoilt kogutud andmete analüüs kõikide püügipäevade võrdluses näitas, et maakirbu liik oli statistiliselt oluline faktor (ANOVA: $F_{5;12} = 12,93$; $p = 0,000$; joonis 4).

Liikide võrdluses üksikute püügipäevade kaupa selgus, et esimesel püügipäeval (1. juuni) oli kõiki maakirbu liike paksoil väga vähe. Andmeanalüüsil (Tukey HSD test) ei tuvastatud liikide vahel statistiliselt usaldusväärset erinevust ($p>0,05$). Teisel püügil (4. juuni) eristus teistest liikidest suurema arvukuse poolest harilik maakirp, mõnevõrra rohkem sinihelk maakirbuga võrreldes oli kurmtüübulist maakirpu. Vähe oli endiselt sinihelk maakirpu ning puudus must maakirp. Liikide arvukuse omavahelisel võrdlusel (Tukey HSD test) oli hariliku maakirbu arvukus statistiliselt usaldusväärsest kõrgem kurmtüübulisest maakirbust ($p=0,0002$) ja sinihelk ($p=0,0002$) maakirbust. Kolmandal püügipäeval (9. juuni) oli hariliku maakirbu arvukus kõikide püügipäevadega võrreldes suurim, samuti võrreldes 4. juuniga oli kasvanud kurmtüübulise maakirbu arvukus, püükidesse ilmus must maakirp, vähe leiti aga sinihelk maakirpu. Võrreldes omavahel liikide arvukust (Tukey HSD test) oli statistiliselt usaldusväärsest kõrgem hariliku maakirbu arvukus kurmtüübulisest ($p=0,001$), sinihelk ($p=0,0005$) ja mustast maakirbust ($p=0,0006$). Järgmisel püügil (12. juuni) oli eelmise korraga võrreldes langenud hariliku maakirbu arvukus, tõunud aga musta maakirbu hulk. Võrreldes omavahel erinevate kirbuliikide arvukust, selgus et harilikku maakirpu oli usaldusväärsest rohkem kui kurmtüübulist ($p=0,0002$), sinihelk ($p=0,0002$) ja musta maakirpu ($p=0,0002$). Musta maakirpu aga usaldusväärsest enam kui sinihelk ja kurmtüübulist (kõikides võrdlustes $p<0,05$). Sinihelk ning kurmtüübulise maakirbu arvukuse võrdluses puudus statistiliselt usaldusväärne erinevus ($p>0,05$). Viimasel püügipäeval (19. juuni) oli hariliku maakirbu arvukus jäänud eelmisega võrreldes enam-vähem samale tasemele, teiste maakirbuliikide arvukus oli aga languses. Võrreldes omavahel liikide arvukust (Tukey HSD test) oli hariliku maakirbu arvukust statistiliselt usaldusväärsest kõrgem kurmtüübulisest ($p=0,0002$), mustast ($p<0,0002$) ning sinihelk maakirbust ($p<0,0002$). Nende kolme maakirbuliigi arvukuse võrdluses puudus statistiliselt usaldusväärne erinevus (kõikides võrdlustes $p>0,05$).

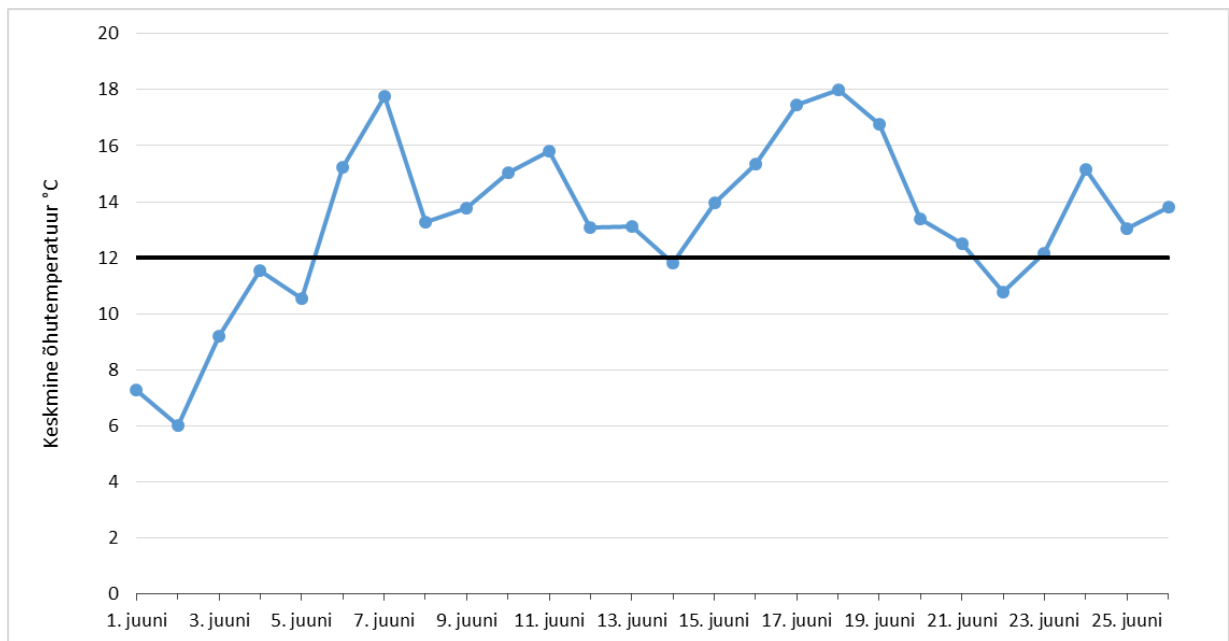
Maakirpude arvukuse dünaamika ning meteoroloogiliste tingimuste kõrvutamine näitas, et maakirbud olid teatud vaatlusperioodidel väheaktiivsed nähtavasti just madala õhutemperatuuri tõttu (joonis 5). Maakirpude arvukus oli väga madal 1. juunil, kus paksoilt püüti kokku 4 maakirpu ning võrreldes teiste püügipäevadega oli nende arvukus ka 4. juunil madal (kokku püüti 36 maakirpu). Õhutemperatuur oligi eriti madal just esimesel juunil ($+6^{\circ}\text{C}$). Sellise temperatuuri juures ei ole maakirbud liikvel. Teiseks püügipäevaks küll temperatuur mõnevõrra tõusis, kuid oli siiski suhteliselt madal, mis kajastus ka maakirpude arvukuses. Maakirpude arvukus paksoil küündis oluliselt kõrgemale nii kolmandal kui

viiendal püügipäeval (9. juuni; 19 juuni), siis oli ka õhutemperatuur kõrgem, ulatudes mõnel päeval isegi 18 °C-ni. Mõningane arvukuse langus neljandal püügipäeval korreleerub hästi õhutemperatuuri muutustega.



Joonis 4. Maakirpude liigid ja nende keskmine arvukus paksoil. Vurrud joonisel näitavad standardhälvet. Erinevad tähed tulpadel tähistavad statistiliselt usutavaid erinevusi (ANOVA, Tukey HSD test; $p < 0,05$).

Lisaks õhutemperatuurile mõjutas maakirpude käitumist kindlasti ka paksoi keemiline koostis ning maakirbuliigile iseloomulik käitumine.



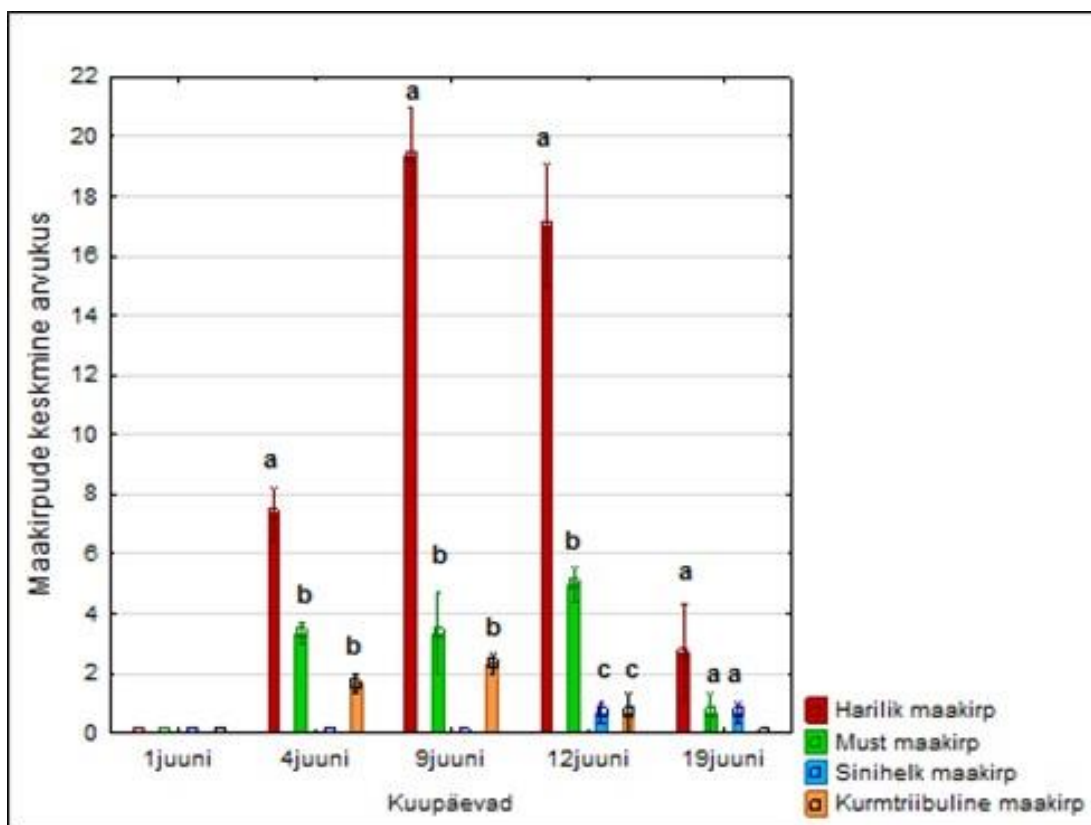
Joonis 5. Keskmine õhutemperatuur ööpäeva ringselt, ajavahemikul 01.06.17 – 26.06.17. (Eerika ilmajaama andmed). Sinise joonega on väljatoodud temperatuur, must joon tähistab maakirpude aktiivseks tegevuseks min. (+12 °C) temperatuuri.

3.2.2. Raps

Rapsilt kogutud maakirpude arvukuse analüüs kõikide püügipäevade võrdluses näitas, et liikidel oli statistiliselt oluline tunnus (ANOVA: $F_{4,12}=7,5$; $p=0,0003$; joonis 6). Püügipäevade lõikes liikide statistiliste erinevuste analüüsist (Tukey HSD test) selgus, et erinevalt paksoist ei leitud esimesel püügipäeval (1. juuni) rapsilt ühtegi maakirpu. Järgmisel püügipäeval (4. juuni) oli rapsilt püütud maakirpude erinevate liikide arvukuse võrdluses (Tukey HSD test) usaldusväärseid erinevusi. Katsest selgus, et hariliku maakirbu keskmine arvukus oli kurmtreibulisest ($p=0,0003$) ning mustast maakirbust ($p<0,002$) statistiliselt usaldusväärselt kõrgem. Sinihelk maakirpu pükidesse ei tulnud. Hariliku maakirbu arvukus oli veelgi tõusnud järgmisel püügipäeval (9. juuni). Ülejäänud maakirbu liikide keskmine arvukus oli aga jäänud samale tasemele eelmise püügiga, endiselt puudus pükides sinihelk maakirp. Kui võrrelda omavahel liikide arvukust (Tukey HSD test) on näha, et hariliku maakirbu arvukus oli sellelgi korral usaldusväärselt kõrgem kurmtreibulisest ($p=0,0002$) ja mustast ($p=0,0002$) maakirbust. Neljandal püügipäeval (12. juuni) oli samuti peamise ristõieliste kahjuri, hariliku maakirbu, arvukus kõrge, veidi oli tõusnud ka musta maakirbu arvukus, pükidesse ilmus sinihelk maakirp. Võrreldes liikide arvukust omavahel (Tukey HSD test) selgus, et hariliku maakirbu arv katses oli statistiliselt usaldusväärselt kõrgem

kurmtriibulisest ($p=0,0002$), sinihelk ($p=0,0002$) ning mustast maakirbust ($p=0,0005$). Musta maakirbu arvukus oli usaldusväärselt kõrgem nii sinihelk kui kurmtriibulise maakirbu arvukusest (võrdlustes $p<0,05$). Kahe viimase liigi arvukuse võrdluses usaldusväärne erinevus puudus ($p>0,05$). Viimasel püügipäeval (19. juuni) oli nii hariliku kui musta maakirbu arvukus tugeval langustrendil. Kurmtriibulist maakirpu enam ei leitudki. Liikide arvukuse statistilisel analüüsil usaldusväärsed erinevusi ei leitud (Tukey HSD test, kõikides võrdlustes $p>0,5$), ehkki harilikku maakirpu oli mingil määral rohkem kui teisi liike.

Püügipäevade võrdlev analüüs näitas, et rapsil olid kahjuriliikide omavahelisel võrdlusel olulised erinevused 4ndal, 9ndal ning 12ndal juunil, kusjuures oluliselt rohkem püüti sellel perioodil harilikku maakirpu. Kui võrreldi erinevaid püüke omavahel, selgus et kõige rohkem püüti maakirpe rapsilt 9. ja 12. juunil, kokku 145 maakirpu. Kokku püüti rapsilt 194 maakirpu, kellest harilik maakirp (134 tk) moodustas 69% kõikidest püütud teist liiki maakirpude hulgast.



Joonis 6. Rapsilt püütud maakirpude liigiline koosseis ja keskmine arvukus püügipäevade kaupa. Vurrud joonisel näitavad standardhälvet. Erinevad tähed tulpadel tähistavad statistiliselt usutavaid erinevusi (ANOVA, Tukey HSD test; $p < 0,05$).

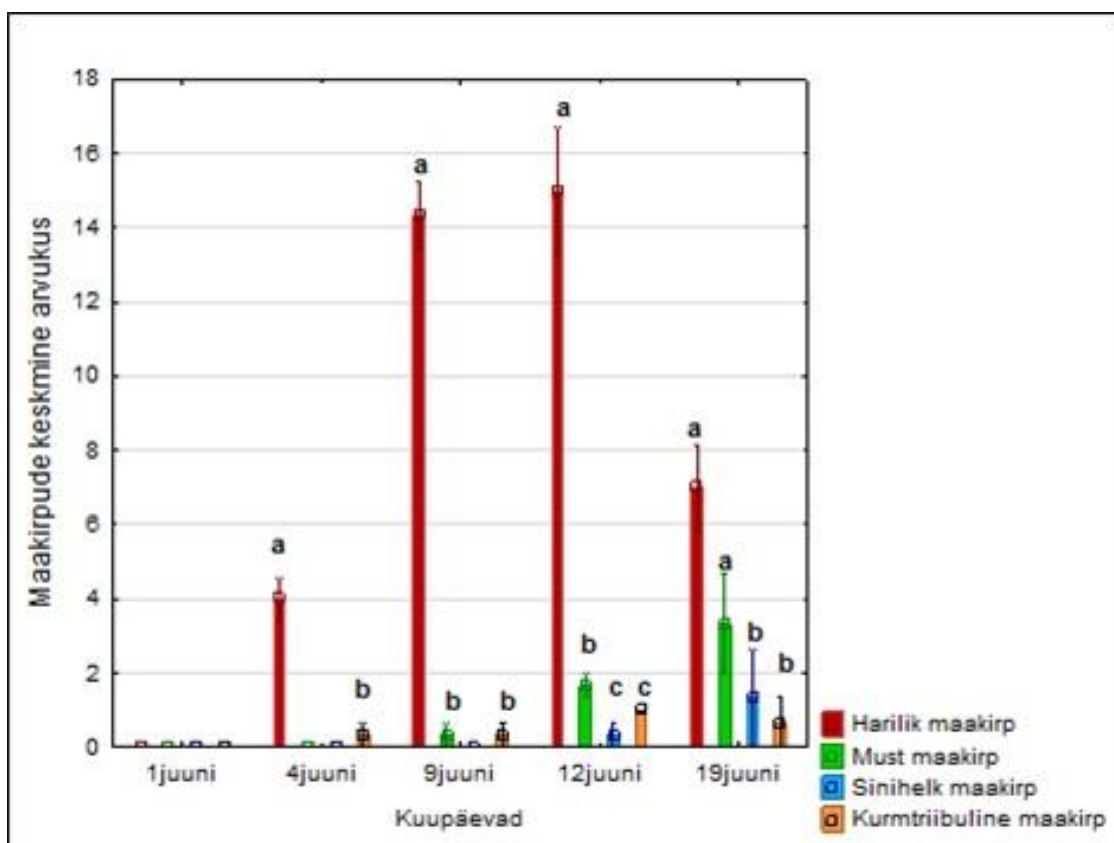
3.2.3. Rüps

Katsekultuuridest oli rüps neljast püüniskultuurist maakirpudele kõige väiksema atraktiivsusega. Esimesel vaatluspäeval (1. juuni) ei leitud rüpsilt ühtegi maakirpu. Analüüsides maakirpude keskmist arvukust katseperioodi jooksul selgus, et maakirbu liikidel oli sellel kultuuril statistiliselt usaldusväärne tunnus (ANOVA: $F_{4, 12}=12,7$; $p=0,00002$). Teisel püügipäeval (4. juuni) leiti rüpsilt harilikku maakirpu, kuid tema keskmine arvukus taimel oli madal. Võrreldes liikide omavahelist arvukust selgus (Tukey HSD test), et harilikku maakirpu oli korduste keskmisena statistiliselt usaldusväärselt rohkem kurmtüübisest ($p=0,0004$) maakirpu. Sinihelk ja musta maakirpu püükidesse ei tulnud. Järgmisel püügipäeval (9. juuni) oli hariliku maakirbu arvukus kasvanud hüppeliselt, võrreldes eelmiste püügipäevadega. Püükidesse ilmus ka must maakirp. Liikide arvukuse omavahelisel võrdlusel (Tukey HSD test) oli hariliku maakirbu ohtrus statistiliselt usaldusväärselt kõrgem sinihelk ($p=0,0002$), kurmtüübisest ($p=0,0002$) ning mustast maakirbust ($p=0,0002$). Neljandal püügipäeval (12. juuni) eristus samuti hariliku maakirbu keskmine arvukust teistest liikidest, kuid varasemaga võrreldes oli sealjuures kasvanud ka ülejäänud liikide arvukus. Liikide arvukuse omavahelisel võrdlusel (Tukey HSD test) oli hariliku maakirbu arvukus statistiliselt usaldusväärselt kõrgem mustast maakirbust ($p=0,0002$), sinihelk ($p=0,0002$) ning kurmtüübisest maakirbust ($p=0,0002$). Musta maakirbu arvukus oli samuti kasvutrendil, ning teda oli usaldusväärselt enam kui kurmtüübulist või sinihelk maakirpu (liikide võrdluses $p<0,05$), kahe viimati nimetatud liigi vahel arvukuse võrdluses erinevus puudus ($p>0,05$). Viimasel püügipäeval (19. juunil) oli kasvanud väikesel määral sinihelk ning musta maakirbu arvukust võrreldes eelnevate püügipäevadega. Vähenenud oli aga hariliku ning kurmtüübulise maakirbu arvukus. Võrreldes rüpsil püütud erinevaid liike omavahel (Tukey HSD test) oli harilikku maakirpu statistiliselt usaldusväärselt rohkem kui kurmtüübulist ($p=0,01$) või sinihelk maakirpu ($p=0,03$). Statistiliselt usaldusväärsed erinevused puudusid hariliku maakirbu ja musta maakirbu arvukuse omavahelisel võrdlusel ($p=0,1$). Nagu näha jooniselt 7, oli hariliku maakirbu arvukus juba 19. juunil langustrendil. Viimasel katsepäeval, 26 juunil ei olnud maakirpe ka sellel taimeliigil.

Analüüsides kogu katseperioodi jooksul rüpsilt kogutud maakirpude liigilist koosseisu ning arvukust võib öelda, et kokku püüti sellelt taimeliigilt 149 maakirpu. Esimesel katsepäeval

maakirpe rüpsikatses ei olnud, kuigi rüps oli 10–11 arengufaasis (idulehed välja arenenud, esimene pärisleht paistab), mis võiks olla maakirpudele atraktiivne staadium (tabel 1).

Maakirpude puudumist esimesel püügipäeval nii rüpsil kui rapsil saab põhjendada kehvade ilmastikutingimustega, mil juuniku alguses oli Eerika ilmajaama andmetel õhutemperatuur alla 10 soojakraadi. Kirpude leidmine sellel ajal aga paksoilt annab märku sellest, et põllule liikunud vähesed maakirbud valisid eelistatuma taimeliigi ning neil olid paksoi lehtede vahel paremad külma eest varjumise võimalused.



Joonis 7. Rüpsilt püütud maakirpude keskmine arvukus püügipäevade kaupa. Vurrud joonisel näitavad standardhälvet. Erinevad tähed tulpadel tähistavad statistiliselt usutavaid erinevusi (ANOVA, Tukey HSD test; $p < 0,05$).

3.2.4. Õlirõigas

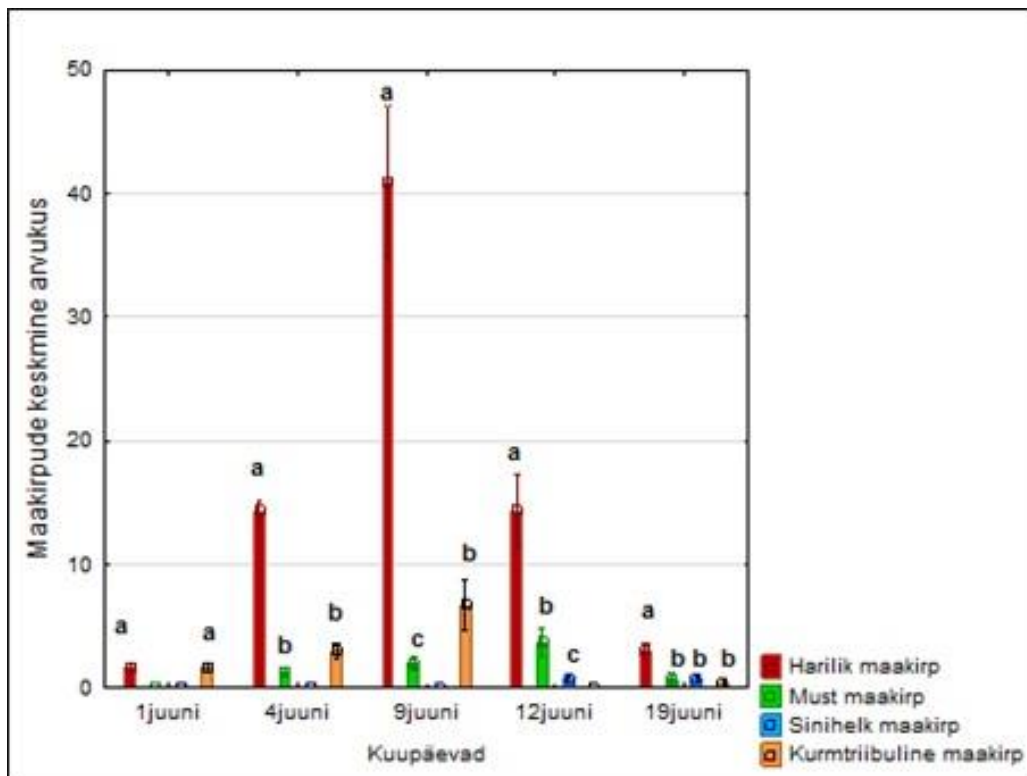
Võrreldes teiste katsekultuuridega püüti õlirõikalt katseperioodi jooksul kõige rohkem maakirpe. Andmete statistilisel analüüsil selgus, et maakirbu liikidel oli statistiliselt oluline tunnus (ANOVA: $F_{5,15}=10,77$; $p=0,0001$; joonis 8). Analüüsides õlirõikalt toituvate maakirpude liigilist arvukust püügipäevad kaupa selgus, et hariliku maakirbu keskmine

arvukus oli 9. juunil oluliselt kõrgem, kui kõikidel teistel püügipäevadel ning see oli teiste püügipäevadega võrreldes statistiliselt usaldusväärselt kõrgem (Tukey HSD test: $p=0,0003$). Analoogselt teiste katsevariantidega, oli hariliku maakirbu keskmine arvukus võrreldes teiste maakirpudega kõikidel püügipäevadel kõrgeim, madalaim oli aga sinihelk maakirbu arvukus. Kokku püüti õlirõikalt maakirpe 285 tk, enamuse nendest moodustasidki harilikud maakirbud – kokku 223 tk.

Püügipäevade analüüs näitas, et esimesel püügipäeval (1. juuni) leiti sellelt taimeliigililt üksikud hariliku ja kurmtiibulise valmikud, teisi liike ei leitud. Nende arvukuse omavahelisel võrdlusel puudus statistiliselt usaldusväärne erinevus ($p>0,05$). Teisel püügil (4. juuni) oli hariliku maakirbu arvukus teiste liikidega võrreldes kõrgeim, mõningane tõus oli toimud ka kurmbtiibulisel ja ilmunud oli must maakirp. Võrreldes omavahel (Tukey HSD test) liikide vahelisi erinevusi, oli hariliku maakirbu arvukus statistiliselt usaldusväärselt kõrgem mustast ($p=0,0002$) ning kurmtiibulisest maakirbust ($p=0,0002$). Omavahel ei erinenud ($p>0,05$) musta ning kurmtiibulise maakirbu arvukus.

Märgatavalt oli 9. juuni püükides tõusnud hariliku maakirbu ohtrus, veidi oli kasvanud ka ülejäänud maakirpude arvukus, välja arvatud sinihelk maakirbu oma, teda ei olnud jätkuvalt püükides. Liikide arvukuse omavahelisel võrdlusel (Tukey HSD test) oli harilikku maakirpu korduste keskmisena statistiliselt usaldusväärselt rohkem kui kurmtiibulist ($p=0,0004$ ja musta maakirpu ($p=0,0003$). Neljandal püügipäeval (12. juuni) oli silmnähtavalt langenud hariliku maakirbu ja kurmtiibulise arvukus, see-eest mõnevõrra oli tõusnud aga musta maakirbu arvukus. Püükidesse tuli nüüd ka sinihelk maakirp. Analüüsides omavahel arvukuse erinevust maakirpude liikide võrdluses (Tukey HSD test) ilmnas, et hariliku maakirbu arvukus oli usaldusväärselt kõrgem kurmtiibulisest ($p=0,001$), sinihelk ($p=0,001$) ning mustast maakirbust ($p=0,006$). Musta maakirpu oli usaldusväärselt rohkem kui sinihelk või kurmtiibulist maakirpu (kummaski võrdluses $p<0,05$). Viimaste võrdluses aga arvukuses usaldusväärne erinevus puudus ($p>0,05$).

Viimaseks püügipäevaks (19. juuni) oli maakirpude arvukus langenud väga madalale, ehkki jätkuvalt oli liikide võrdluses hariliku maakirbu ülekaal, musta maakirbu arvukus oli eelmise püügiga võrreldes samuti oluliselt langenud. Liikide omavahelisel võrdlusel (Tukey HSD test) oli näha, et hariliku maakirbu arvukus oli usaldusväärselt kõrgem kurmtiibulisest ($p=0,02$), sinihelk ($p=0,04$) ja mustast maakirbust ($p=0,04$). Viimase kolme liigi arvukuse võrdluses erinevus ei olnud usaldusväärne (kõikides võrdlustes $p>0,05$).



Joonis 8. Õlirõikalt püütud maakirpude keskmine arvukus püügipäevade kaupa. Vurrud joonisel näitavad standardhälvet. Erinevad tähed tulpadel tähistavad statistiliselt usutavaid erinevusi (ANOVA, Tukey HSD test; $p < 0,05$).

Maakirpude keskmise arvukuse muutuseid püüniskultuuridel saab ühelt poolt iseloomustada ilmastikutingimuste kõikumisega. Kuna esimesel püügipäeval oli õhutemperatuur alla 10 °C, puudusid sellega maakirpudele põllul liikumiseks ning toitumiseks sobivad tingimused. Enim leiti maakirpe kolmandal ning neljandal püügipäeval, kus õhutemperatuurid kõikusid 12 ja 14 soojakraadi vahel, mis on maakirpudele liikumiseks ning toitumiseks kõige sobivamad temperatuurid, kuna liiga kõrge õhutemperatuuri puhul püsivad maakirbud põlluservades varjus, samuti ka madalate temperatuuridega (alla 10 °C), kus maakirbud on põlluservades või mullakonarate all soojas.

Teatavasti väljuvad maakirbud talvituspaikadest, kui õhutemperatuur on tõusnud kümne kraadi piiresse. Aktiivselt peremeestaimede otsingule, et nendelt toituda ning paljuneda, asuvad nad alles siis, kui õhutemperatuur on tõusnud ligi 12 soojakraadini. Kiire levik algab, kui päevasooja on üle 15 soojakraadi (Heath 2017). Maakirpude talvituspaigust väljumine kestab pikka aega, neid võib põllule ilmuda kuni kolme nädala jooksul. Selline pika aja vältel ilmumine tagab selle, et populatsioon ootamatute olude sunnil ei hukku. Seega välditakse riske: näiteks ebasoodsaid ilmastikutingimusi, mis üheaegse väljumise korral võiksid

populatsiooni kahjustada. Sealjuures võimaldab pikaajaline aina uute maakirpude ilmumine antud kahjuritel kasutada paremini toiduessursse, soodustades sedasi ka nende paljunemist (Ulmer, Dosdall 2006; Metspalu *et al.* 2014; Reddy 2015; Heath 2017).

Kõige domineerivamaks maakirbuks kõigil katsekultuuridel oli harilik maakirp, keda püüti katsepõllult kokku 639 tükki. Maakirpudest kõige vähem püüti aga sinihelk maakirpu – kokku 18 tükki.

Nagu eelnevalt märgitud mõjutab katses olnud maakirpude valikuid ning meelitab taimedele peamiselt ristõielistest taimedest lenduv sinepiõlide lõhn ning seetõttu on nende liikumine põllule sihipärane. Taime kahjustuse tagajärjel intensiivistub lõhnade eritumine veelgi ning mardikail on kergem taimi üles leida ning neid tuleb üha juurde (Burges, Wiens 1980).

Antud katses ilmus kõikidele kultuuridele esimeste hulgas harilik maakirp ning tema arvukus jäi suhteliselt kõrgeks kogu vaatlusperioodi jooksul. Ka varasematel aastatel on põllul esimeste saabuvate liikide hulgas alati olnud harilik maakirp ning tema arvukus olnud kõrge (Hiisaar *et al.* 2004; Metspalu *et al.* 2014; Kiis 2016). Selle kahjuriliigi ülekaalukas arvukus lubab oletada, et liik on hästi kohastunud kohalike oludega. Talvituspaikades (kõdu, pinnas) on temperatuur tavaliselt kõrgem kui tema külmakindlus (kuni -16°C). See lubab mardikalisel talve üle elada ka meie tingimustes, hukutavaks võivad saada vaid suured külmad lumikatteta talved (Hiisaar *et al.* 2009).

Kurmtribuline maakirp oli selles katses kogu katseperioodi jooksul küll põllul, kuid arvukus oli madal. Selle liigi maksimum oli katseperioodi keskel, mil eelistamiseks oli õlirõigas, viimastel püügipäevadel antud maakirbu arvukus hääbus taas. Seda kahjuriliiki peetakse üldiselt üheks varasemaks liigiks põllul (Tansey *et al.* 2009), kuid meie katses see päriselt nii ei olnud. See kahjuriliik on aga maailma mastaabis kohati vägagi oluline. Nii ongi ta näiteks Kanadas *Ph. cruciferae* Goeze kõrval üks kahest kahjulikumast liigist, kes tuleb esimesena põllule (Soroka *et al.* 2005). Tuleb lisada, et see liik armastab varjuda, peitudes lehtede all või mullakonarate vahel, mistõttu võib tema püüdmine aspiraatoriga ebaõnnestuda (Metspalu *et al.* 2014). Tema puudumist katsealal näitas ka see, et teda ei olnud sellel ajal ka kollastel liimipüünistel.

Sinihelk maakirbu arvukus oli kogu katseperioodi vältel tagasihoidlik, proovidesse sattus vaid mõni isend. Need tulemused on sarnased Maaülikooli teadlaste poolt varem saadud tulemustega (Hiisaar *et al.* 2003, 2004; Metspalu *et al.* 2014), kes leidsid, et see liik on küll

Eestis tavaliiik, kuid ristõielistel kultuuridel väikesearvuline. Ilmselt on põhjuseks see, et sinihelk maakirbul teatakse olevat laiem toidutaimede ring ning ta on nende suhtes vähem valiv (Muljar 2006). Habermani (1962) andmeil toitub see liik teistesegi sugukondadesse kuuluvatel taimeliikidel, mitte ainult ristõielistel. Toshova *et al.* (2009) aga leidsid, et see liik toitub näiteks ka punapeedil (*Beta vulgaris* L.) ja tomatil (*Solanum lycopersicum* (L.)). Seega olles paljutoidune maakirbuliik, polegi ristõielised temale eluliselt tähtsateks taimeliikideks. Kui leitakse väljaspool põlde varem sobivas arengufaasis olevaid taimeliike, jääbki nende arvukus kultuuridel madalaks (Metspalu *et al.* 2014).

Musta maakirpu oli katseperioodi alguses väga vähe, tema arvukus tõusis katseperioodi lõpupoole, kuid jäi siiski suhteliselt väikesearvuliseks. Must maakirp tuleb kultuuridele tavaliselt mõnevõrra hiljem kui teised maakirbuliigid (Hiisaar *et al.* 2003). Nähtavasti mõjutab tema arvukust kultuuridel just ümbritsevatel põldudel kasvavad toidutaimed, kuna seda kahjuriliiki on leitud toitumas paljudel erinevatel taimeliikidel ning ka ristõielistel (Cagan *et al.* 2000). Järelikult polegi ristõielised aiakultuurid tema eriline eelistus.

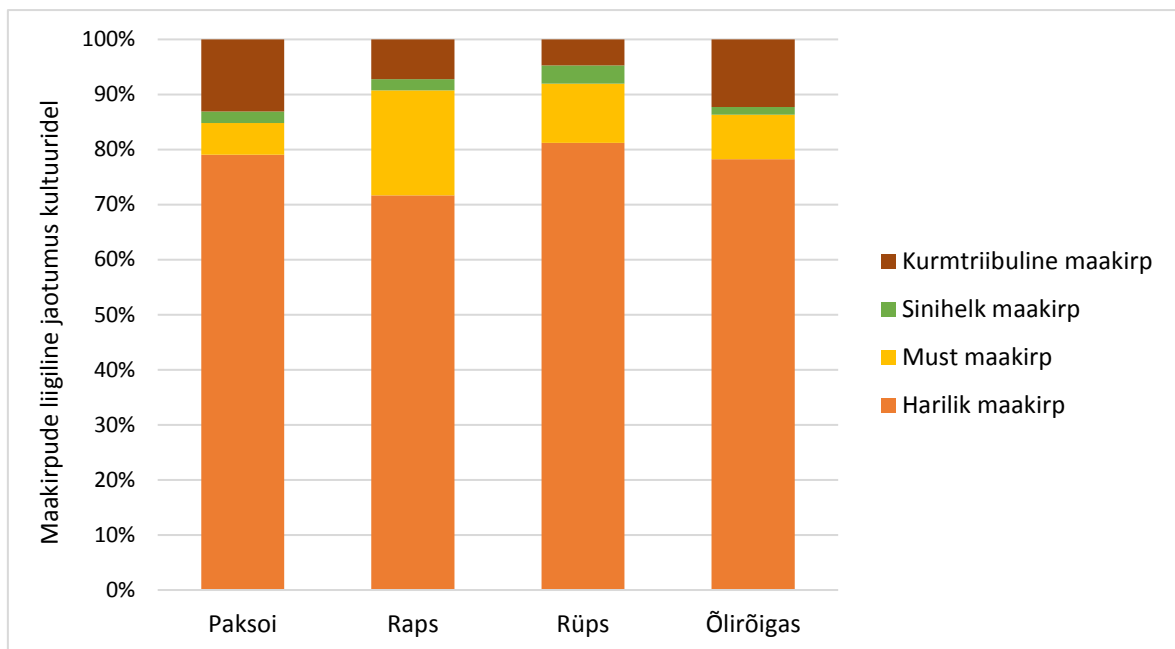
Varasematel aastatel on Eerika katsealalt leitud ka suurt maakirpu (*Ph. nemorum* L.), mädarõika-maakirpu (*Ph. armoraciae* (Koch)) ning *Chaetocnema* erinevaid liike, kuid nende arvukus on olnud alati tagasihoidlik (Hiisaar *et al.* 2003; 2004; Metspalu *et al.* 2014; Kiis 2016). Antud katseaastal neid liike püükidesse ei tulnud.

Kõigi maakirbu liikide kadumine juuni keskel katsepõllult annab märku sellest, et talvitunud maakirpude eluiga jõudis lõpule ning nende paljunemispotentsiaal oli ammendunud. Oluline on märkida, et viimaseks katsepäevaks (24. juuni) olid taimed jõudnud läbida maakirpude poolt haavatavad kasvufaasid (tabel 1) ning ka see võib olla põhjuseks, miks neid katsetaimedel enam ei olnud.

3.3. Maakirpude liigiline jaotumus erinevatel katsekultuuridel

Maakirpude liigiline jaotumus oli taimeliikide suhtes mõnevõrra erinev, kuigi kõikide taimeliikide puhul domineeris harilik maakirp (joonis 9). Eelnimetatud mardikaline moodustas paksoil 79,1%, rapsil 71,6%, rüpsil 81,2% ning õlirõikal 78,2% kõikidest katseperioodil püütud liikidest. Arvukuselt järgmine oli kurmtriibuline maakirp, kes paksoil

moodustas 13,1% ning õlirõikal 12,3% püütud maakirbu liikidest. Vähem püüti seda liiki rapsilt, kus ta moodustas 7,2% püütud maakirpudest.



Joonis 9. Maakirbuliikide protsentuaalne osakaal igal taimeliigil kogu katseperioodi vältel esitatuna korduste keskmisena.

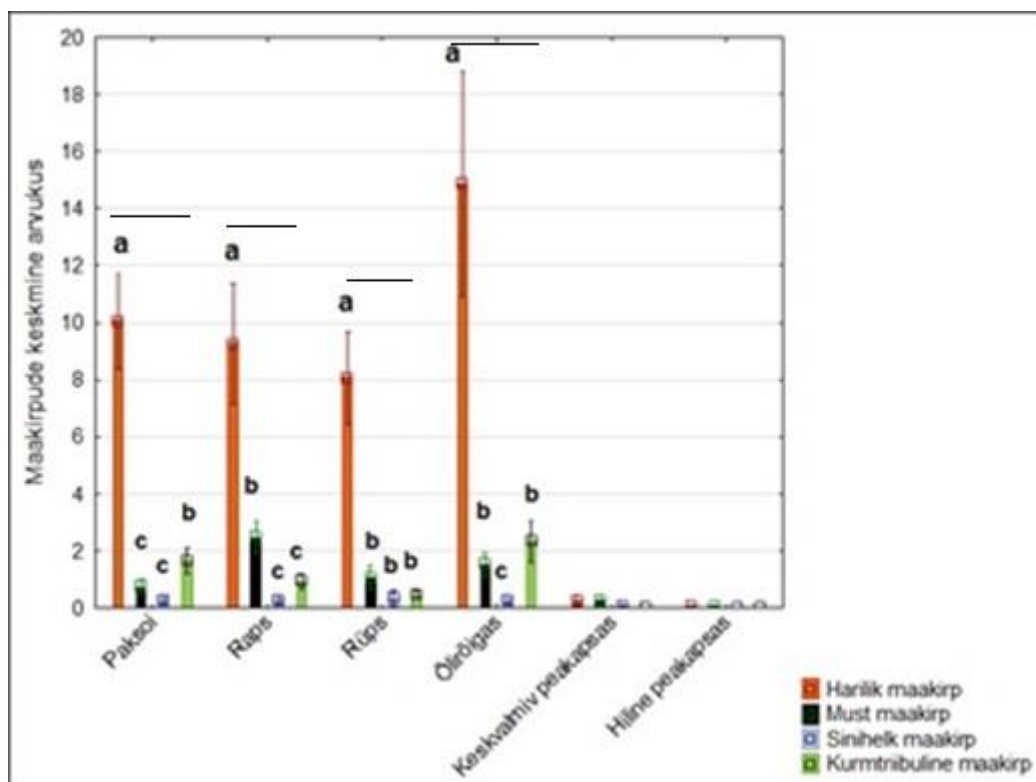
Kõige vähem valis see liik rüpsi, kus tema osakaal moodustas 4,7%. Selgemalt väljakujunenud eelistustega oli must maakirp. Suurim osakaal oli tal rapsil, moodustades seal püütud maakirpudest peaaegu viiendiku (19,1%). Enam-vähem võrdselt valis see liik rüpsi (10,7%) ning õlirõigast (8,1%). Teistest vähem püüti seda kahjuriliiki paksoilt, seal moodustas ta vaid 5,8% maakirpudest. Sinihelk maakirpu oli katsealal vähe ning ta moodustas rüpsil 3,4%, rapsil ja paksoil 2,1% ning õlirõikal 1,4% kogutud maakirpudest.

3.3.1. Maakirpude liigilise jaotumuse statistiline analüüs

Erinevate taimeliikide kaupa analüüsiti liigilist jaotumust, mille tulemused on esitatud joonisel 10. Paksoilt kogutud maakirpude liigilise jaotumuse analüüs näitas, et liik oli statistiliselt usaldusväärne faktor (ANOVA; $F_{3,8}=135,6$; $p=0,000$). Maakirbu liikide arvukuse analüüs (Tukey HSD test) näitas, et sellel taimeliigil domineeriva hariliku maakirbu arvukus oli usaldusväärselt kõrgem kui musta maakirbu ($p=0,000$), sinihelk maakirbu ($p=0,000$) ja kurmtriibulise maakirbu ($p=0,000$) arvukus. Musta maakirbu arvukuses puudus sinihelk maakirbuga ($p=0,8$) ja kurmtriibulise maakirbuga ($p=0,4$)

võrreldes statistiliselt usaldusväärne erinevus. Erinevus puudus ka sinihelk ja kurmtribulise maakirbu arvukuse võrdlusel ($p=0,13$).

Rapsilt kogutud maakirpude liigilise jaotumuse analüüs näitas, et liik oli statistiliselt usaldusväärne faktor (ANOVA; $F_{3;8}=66,9$). Analoogselt paksoiga oli ka rapsil domineeriv harilik maakirp, keda oli usaldusväärselt rohkem kui musta ($p=0,000$), sinihelk ($p=0,000$) või kurmtribulist ($p=0,000$) maakirpu. Musta maakirpu oli usaldusväärselt rohkem kui sinihelk maakirpu ($p=0,05$), sinihelk ja kurmtribulise maakirbu arvukuse erinevuses puudus statistiline usaldusväärsus ($p=0,217$).



Joonis 10. Maakirpude liigiline koosseis ja arvukuse erinevused katsetaime liikidel katseperioodi jooksul. Jooned tulpade kohal näitavad, et võrreldakse vaid joone all olevaid tulpasid omavahel. Vurrud joonisel näitavad standardhälvet. Erinevad tähed tulpadel tähistavad statistiliselt usutavaid erinevusi (ANOVA, Tukey HSD test; $p < 0,05$).

Rüpsilt kogutud maakirpude liigilise jaotumuse analüüs näitas, et liik oli statistiliselt usaldusväärne faktor (ANOVA; $F_{3;8}=109,2$; $p=0,000$). Liikide arvukuse omavahelisel analüüsil oli hariliku maakirbu arvukus usutavalt kõrgem kui mustal ($p=0,000$), sinihelk ($p=0,000$) ja kurmtribulisel ($p=0,000$) maakirbul. Nende kolme maakirbuliigi vahel puudus arvukuse võrdluses statistiliselt usaldusväärne erinevus (kõikides võrdlustes $p>0,05$).

Õlirõikalt kogutud maakirpude arvukuse võrdluses oli liik statistiliselt oluline tunnus (ANOVA; $F_{3,8}=150,1$; $p=0,000$). Liikide võrdluses oli sellelgi taimeliigil harilikku maakirpu usutavalt rohkem kui musta ($p=0,000$), sihihelk ($p=0,000$) või kurmtüübulist ($p=0,000$) maakirpu. Musta ning kurmtüübulise maakirbu arvukuse võrdluses puudus usaldusväärne erinevus ($p=0,7$). Kõige vähem leiti sellelt taimeliigilt sinihelk maakirpu. Arvukuse võrdluses oli teda usaldusväärselt vähem kõikide teiste liikidega võrreldes (kõikides võrdlustes $p>0,05$). Kapsastest leiti vaid keskvalmivalt kapsalt üksikud maakirbud, hiliselt kapsalt aga üldse mitte.

Seega võib katsetulemuste põhjal järeldada, et harilik maakirp on meil valdav maakirbu liik, olles kohastunud meie ristõielistele kultuurtaimedele. Väike eelistus oli tal rüpsile ja paksoile. Antud liigi populatsiooni kasvu ja püsimist toetab nähtavasti temal hästi välja kujunenud talvitusvõime (Hiisaar *et al.* 2009), samuti käesoleval sajandil rapsi ja rüpsipindade ulatuslik kasv Eestis, mis pakub sellele oligofaagsele kahjurile piiramatult toitu ning paljunemistingimusi (Veromann *et al.* 2012; Kaasik *et al.* 2014; Metspalu *et al.* 2014).

Sinihelk maakirpu on varasematel aastatel Maaülikoolis läbi viidud uuringutes leitud ristõielistelt kultuuridelt alati, kuid tema arvukuse tase on olnud kõikuv. Kui Hiisaar *et al.* (2003, 2004), Muljari (2006) ja Metspalu *et al.* (2014) läbi viidud katsetes moodustas ta kuni 10% püütud maakirpude arvust, siis antud katses jäi tema arvukus 3 protsendi piiresse. Kuna katsetes on taimede liigiline koosseis olnud alati mõnevõrra erinev, siis võib eeldada, et sinihelk maakirbu toitumiseelistused on mõnevõrra erinevad ning selle aasta katses olnud taimede kooslus sellele liigile mitte kõige sobivam.

Selles, miks valivad maakirpude erinevad liigid taimi mõnevõrra erinevalt, on terve rida põhjuseid, neid on käsitletud ka antud töös eespool. Kokkuvõtlikult võib seega öelda, et üheks peamiseks mõjuriks on taimede erinev keemiline koostis, mida mõjutab taime liik, erim või sort, aga ka kasvukiirus, mida mõjutavad temperatuur, niiskus, toitained jm. Kõik eelnimetatud tegurid mõjutavad toidutaimede kvaliteeti ning sobivust taimtoidulisele kahjustajale (Bohinc, Trdan 2013; Heath 2017). Lisaks sellele on oluline, et peremehe ja putuka fenoloogiad oleksid sünkroonis (van Asch, Visser 2007). Nagu märgitud, ei ilmu kõik maakirbuliigid põllule üheaegselt, samuti oli erinevatel taimeliikidel erinev arengukiirus.

Valikute tegemisel on oluline ka taime morfoloogia. Katses olnud püüniskultuuridest olid näiteks rapsi pärislehed paksema vahakorruga kui rüpsil. Vahajate lehtedega taimede

hindamisel võib kahjuril tekkida raskusi, samuti on vahast libedal pinnal liikumine raskendatud. Samas on aga rüpsi lehed rapsist karvasemad, mis samuti võib mõjutada taime aktsepteerimist.

Antud katsetest võib järeldada ka seda, et vaatamata sellele, et rapsi ja õlirõika peavars arenes enam-vähem ühesuguse kiirusega, oli õlirõigas suurema asustustihedusega kui raps. Õlirõigas on ka varasemates uuringutes olnud maakirpudele meelistaimeks (Bohinc, Trdan 2012; Soroka, Grenkow 2013; Metspalu *et al.* 2014). Üheks põhjuseks võis olla see, et õlirõigas annab rapsist pikema aja vältel kõrvalharusid ning seetõttu jätkub toiduks sobilikus faasis olevaid lehti pikema aja jooksul. Seda eriti rüpsiga võrreldes, mis on kiire arenguga ning läbib maakirpudele sobiva faasi kiiresti.

3.4. Maakirpude kahjustused erinevatel kultuuridel

Katseaasta jahedate ilmade tõttu osutus vajalikuks hinnata ka taimedele tekitatud kahjustuste taset. Jahedate ja vihmaste ilmade korral on maakirbud tavaliselt peidus mullakonarate ja kivikeste all ning umbrohtude vahel. Kui loenduse aeg langeb kokku maakirpudele ebasoodsate tingimustega (madal temperatuur ja sademed), võib nende arvukus taimedel olla vägagi tagasihoidlik, millest võidakse ekslikult järeldada, et maakirpe ei olegi ning taimede kahjustus on nullilähedane. Nii see siiski tavaliselt ei ole, sest tarvitseb vaid päikesel välja ilmuda ning temperatuuril tõusta üle 10 °C, kui mardikad tulevad peidupaikadest taimedele toituma, see võib kestagi vaid lühikest aega, kuid kahju on juba tehtud. Sageli võib kahjustaja ise jääda tuvastamata.

Antud katses leiti kahjustusi kultuuride idulehtedel kohe, kui nad maapinnale kerkisid. Samuti olid kohe kahjustatud välja istutatud paksoi taimed. Samal ajal ei pruukinud me katsealal näha ühtegi maakirpu. Nii oligi esimesel vaatlusel (1.juunil), kui õlikultuurid olid katsepõllul idulehtede faasis, paksoi, ning valge peakapsa mõlemad erimid 2–3 pärislehe faasis. Temperatuur oli väga madal ning leiti vaid üksikuid kahjureid. Püünistaimede lehed olid aga kahjustatud.

Katse käigus selgitati maakirpude poolt kultuuridele tekitatud kahju. Kuna katses oli neli erinevat püünistaimet liiki ning kaks valge peakapsa erimit, annab see võimaluse hinnata

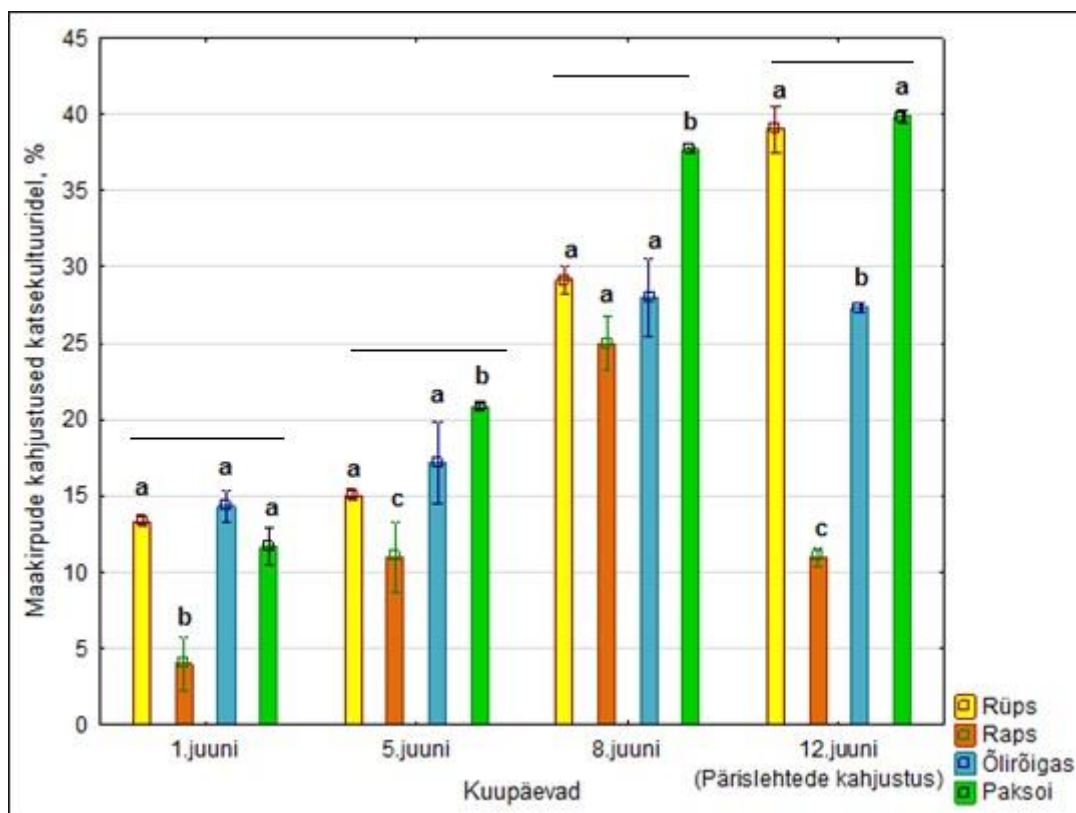
kahjurite toitumiseelistusi kõikide nende kultuuride lõikes. Kuivõrd kapsastel katseperioodi jooksul kahjustusi ei ilmnenud, toimub analüüs nelja püüniskultuurina uuritava taimeliigi – paksoi, raps, rüps ja õlirõigas – osas. Katse tulemused näitavad, et maakirpude toitumiseelistus sõltus usaldusväärselt püünistaimede liigist (ANOVA: $F_{4,12}=24,63$; $p<0,05$; joonis 11). Esimesel vaatlusel (1. juuni) olid taimed valdavalt idulehtede faasis. Variantide omavahelisel võrdlusel (Tukey HSD test) selgus, et rapsi oli statistiliselt usaldusväärselt vähem kahjustatud kui rüpsi ($p=0,002$), õlirõigast ($p=0,001$) ning paksoid ($p=0,007$). Kahjustuste ulatuse hindamine näitas, et rüpsi idulehed olid kahjustatud keskmiselt 13,3%, õlirõikal 14,3% ning paksoil 11,6%. Rapsilehtede kahjustus jäi 4% piiresse. Kapsastel kahjustust ei olnud.

Teisel vaatlusel (5. juuni) olid taimed samuti peamiselt idulehtede faasis, kuid esimesed pärislehed hakkasid nähtavale ilmuma (tabel 1). Kahjustus oli kõikides püüniskultuuride variantides tõusutrendil. Andmeanalüüsi tulemusi jälgides olid kahjustus tõusnud kõige rohkem paksoil ning rapsil, mõnevõrra oli kahjustuste protsent suurenenud ka rüpsil ja õlirõikal. Selline kahjustuse kasv on loogiline, sest toimis ajafaktor. Katsevariantide omavahelisel võrdlusel (Tukey HSD test) ilmnes, et paksoi kahjustused olid statistiliselt usaldusväärselt suuremad kui rapsil ($p=0,01$), ülejäänud variantide kahjustuste ulatuse omavahelisel võrdlusel statistiliselt usaldusväärsed erinevused puudusid (kõikidel võrdlustel $p > 0,05$). Kapsastel kahjustused puudusid.

Järgmiseks vaatluspäeval (8. juuni) olid kahjustuste ulatus püünistaimedel märgatavalt kasvanud. Kõige rohkem kahjustasid mardikalised endiselt paksoid, samuti olid tõusnud ülejäänud taimeliikide kahjustuste protsendid. Katsevariantide omavahelisel võrdlusel (Tukey HSD test) selgus, et paksoi kahjustused olid statistiliselt usaldusväärselt kõrgemad rüpsist ($p=0,02$), rapsist ($p=0,002$) ning õlirõikast ($p=0,01$). Nimetatud kolme liigi omavahelisel võrdlusel usaldusväärne erinevus puudus (kõikidel võrdlustel $p>0,05$). Kapsalehtedel kahjustused puudusid.

Viimasel vaatlusel (12. juuni) olid õlikultuurid jõudnud pärislehtede faasi, mistõttu seda kahjustust tuleb võtta eraldi. Antud vaatluspäeval olid rüpsi pärislehed märgatavalt kahjustatud, võrreldes eelmise vaatlusega oli paksoi kahjustus jäänud sarnaseks. See on seletatav sellega, et paksoi oli jõudnud arengus juba 4–5 pärislehe faasi, kus maakirbud tavaliselt lõpetavad toitumise. Rapsilehtede kahjustused olid teiste püünistaimede variantide kõrval kõige madalamad, õlirõikal aga olid 2 – 3 pärislehte küllalt kõvasti kahjustatud.

Andmete statistilisel analüüsimisel oli taimeliikide omavahelisel võrdlusel (Tukey HSD test) näha, et paksoi lehed kahjustatud olid statistiliselt usaldusväärselt rohkem kui rapsilehed ($p=0,0002$) ja õlirõikalehed ($p=0,0002$). Usaldusväärsed erinevused puudusid aga paksoi ja rüpsi kahjustuste võrdlemisel ($p>0,05$).



Joonis 11. Maakirpude kahjustused katsekultuuridel (%), erinevatel vaatluspäevadel. Vurrud joonisel näitavad standardhälvet. Jooned tulpade kohal näitavad, et võrreldakse iga kuupäeva tulpasid omavahel. Erinevad tähed tulpadel tähistavad statistiliselt usutavaid erinevusi (ANOVA, Tukey HSD test; $p < 0,05$).

Katsetulemused näitasid, et maakirbud kahjustasid rapsi, rüpsi, õlirõigast ning paksoid, jättes aga toidumenüüst täielikult välja nii keskvalmiva kui hilise valge peakapsa. Katset kavandades arvati, et need kahjurid eelistavad kultuuride varaseid staadiume ning kahjustavad kapsa- ja paksoiistikud vähem, mis katse algueks on 2–3 pärislehe faasis. Maakirbud tulidki toituma tärnanud ristõieliste õlikultuuridele. Ootamatult suureks kujunesid aga paksoi kahjustused.

Selle töö kõige tähtsamaks tulemuseks on see, et selles katses olnud püünistaimede koosseis suutis täielikult ära hoida kapsaistikute kahjustused. Paksoi kasvatamine toidukultuurina avamaal võib aga maakirpude kahjustuste tõttu täielikult ebaõnnestuda.

Katsetulemustest järeldub, et maakirpudel on toidutaimede suhtes kindlad eelistused. Toidutaimede eelistusi on uurinud mitmed autorid (Hiiesaar *et al.* 2003; Bohinc, Trdan 2012, 2013; Metspalu *et al.* 2014) ning nende tööde tulemusi võib kokku võtta järgmiselt: kuna ristõielistele spetsialiseerunud maakirpude valmikumud valivad toidutaimi on sellised tulemused heaks aluseks püüniskultuuride strateegia väljatöötamisel.

Katsetulemused näitasid meile ka, et rapsi kui laialt kasvatatava õlikultuuri kahjustused lehtede faasis olid tunduvalt väiksemad kui teistel katses olnud püüniskultuuridel, kuigi rapsi aeglasema arengu tõttu oleks võinud eeldada vastupidist tulemust. Selline tulemus võib olla tingitud sellest, et rapsi ning maakirpude fenoloogia ei olnud sünkroonis nagu on kirjeldanud Valantin-Morison *et al.* (2006) või oli vähem atraktiivne kui õlirõigas või rüps (Metspalu *et al.* 2014). Seega on püünistaimede omavahelisest võrdlusest saadud tulemused lootustandvaks aluseks ka rapsikasvatases maakirpude tõrjeks arendatavas loodushoidlikus tõrjesüsteemis.

Lõpuks tuleb märkida, et toidutaimede valikul on kindlasti väga oluline taime keemiline koostis (Björkman *et al.* 2011; Bohinc *et al.* 2013; Heath 2017), aga ka erinevate maakirbu liikide mõnevõrra erinevad nõudlused keskkonna ning ilmastiku suhtes (Hicks, Tahvanainen 1974; Toshova *et al.* 2009).

3.5. Erinevate püügimeetodite võrdlus

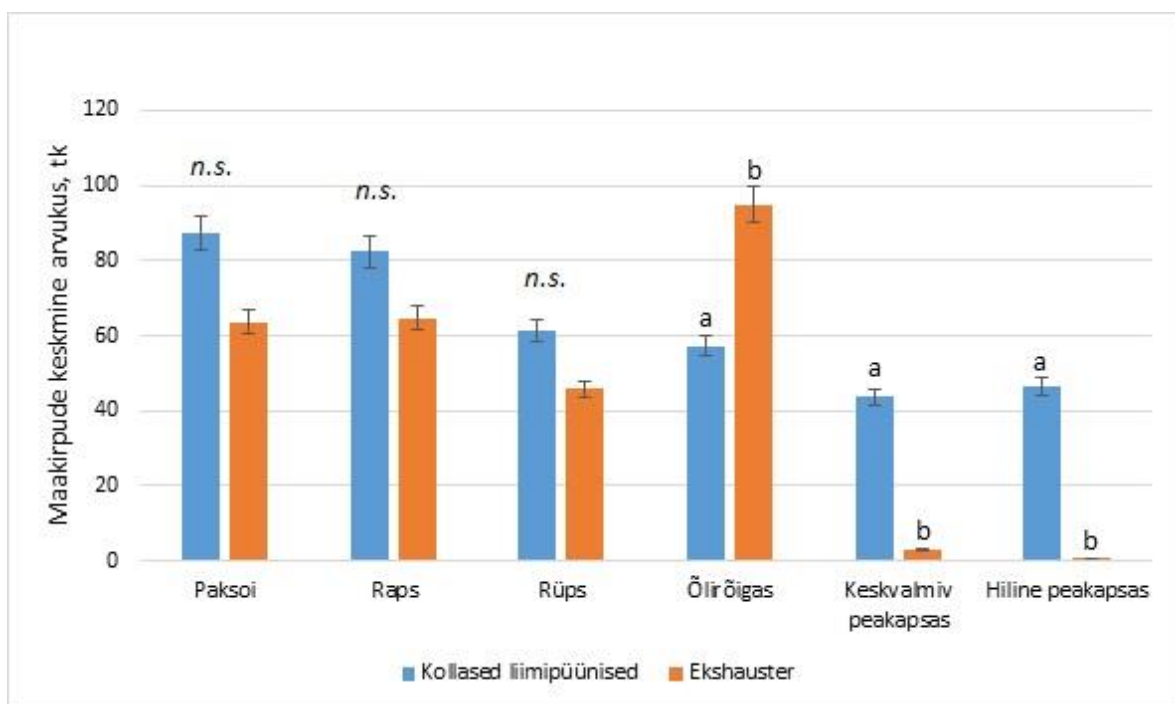
Eduka kaitsestrateegia korraldamiseks on esmatähtis saada korrektsed andmed selle kohta, millal kahjurid ilmuvad põllule, kuidas nad paiknevad taimedel ning millal tuleb rakendada tõrjemeetmeid. Sageli on saadav informatsioon varieeruv, sõltudes andmete kogumise meetoditest, põldude paiknemisest, rahalistest vahenditest ning informatsiooni kogujate teadmistest. Paljudel juhtudel puudub võimalus, võimekus kui ka metoodika erinevalt kogutud andmeid omavahel võrrelda (Underwood, Fisher 2006). Seepärast on väga oluline hinnata omavahel vaid kindla meetodiga saadud tulemusi ning vältida erinevate meetoditega saadud tulemuste omavaheliste võrdluste põhjal hinnangute andmisi (Conrad *et al.* 2007).

Käesolevas töös seatigi eesmärgiks hinnata maakirpude esinemist katsetaimedel erinevate meetodi abil. Järgneval joonisel (joonis 12) on toodud andmed, kus võrreldi kõigepealt kahe erineva püügiviisiga saadud tulemusi erinevatel katsekultuuridel. Võrdluses on

ekshausteriga (aspiraatoriga) ning kollaste liimpüünistega saadud tulemused. Antud võrdlusest selgus, et maakirpe saadi enim liimpüünistega (1135 tk), taimedelt otse püüti vähem maakirpe (830 tk). Andmete statistilisel analüüsil selgus, et püügimeetodite omavahelisel võrdlusel oli püügiviis erinevustes oluline usaldusväärne tunnus (ANOVA: $F_{9;20} = 14,3$, $p < 0,05$).

Andmete statistiline analüüs (Fisher LSD test) näitas, et püügimeetodite omavahelisel võrdlusel taimeliigiti puudusid usaldusväärselt olulised erinevused maakirpude keskmises arvukuses paksoi, rapsi ning rüpsi puhul (kõikidel võrdlustel $p > 0,05$). Siiski tuleb märkida, et kõikide nimetatud taimeliikide puhul püüdsid mõnevõrra rohkem maakirpe kollased liimpüünised (joonis 12).

Analüüsides omavahel erinevate püügimeetoditega saadud maakirpude arvukuse andmeid õlirõikal (Fisher LSD test) selgus, et ekshausteriga kogutud maakirpude hulk oli usaldusväärselt suurem kui kollastelt liimpüünistelt leitud ($p = 0,014$).



Joonis 12. Kollaste liimpüüniste ja ekshausteriga kogutud maakirpude arvukuse omavahelised võrdlused erinevate taimeliikidel. N.s. näitab erinevuste puudumist. Vurrud joonisel näitavad standardhälvet. Erinevad tähed tulpadel tähistavad statistiliselt usutavaid erinevusi (ANOVA, Fisher LSD test; $p < 0,05$).

Katsest ilmnes, et kollaste liimipüünistega koguti usaldusväärselt oluliselt rohkem maakirpe kui käsitsi pügilt nii keskvalmivalt ($p=0,001$) kui ka hiliselt valgelt peakapsalt ($p=0,0004$).

Taimede pidev monitooring selleks, et määrata kahjurite arvukus ning kahjustuse tase on taimekaitse põhialus. Tõrje vajadused, nende planeerimine ning läbiviimine baseeruvad kogutud andmetel (Williams 2004). Edukas tõrjestrategia põhineb teadmistel, millal kahjurid ilmuvad, kuidas nad põllul liiguvad ning kultuure kahjustavad. Sellise informatsiooni kogumiseks on erinevaid meetodeid, kuid otsustuste tegemisel peavad tulemused olema võrreldavad (Holland, Smith 1999; Conrad *et al.* 2007). Kahjurite arvukuse ning kahjustuste hindamisel on kasutusel erinevaid meetodeid. Laias laastus jagunevad need aktiivseteks ning passiivseteks meetoditeks. Aktiivne meetod, mis leiab rakenduse maakirpude puhul on näiteks taimedelt kahjurite püüdmine aspiraatoriga või siis taimelehtedel kahjustuste määramine. Passiivsed on aga mitmesugused püünised (vesipüünised, värvilised liimipüünised, pinnasepüünised jm.) (Williams 2004).

Antud katses olnud kollased liimipüünised kuuluvad passiivsete püüniste hulka. Need püüavad passiivselt ning nende püügivõime on sõltuvuses atraktiivsest värvusest. Nende analüüs näitas meile kahjurite liikumist nädala jooksul katsealal, kuid ei näidanud seda, kas nad põhjustasid ka kahjustusi, kas nad valisid taimi või kui palju neid reaalselt taimedel asus. Eriti ilmnes see kapsalappidele paigaldatud püüniste analüüsil, kus kollaste liimipüünistelt saadud andmete põhjal oleks võinud arvata suurt maakirpude kahjustust ning arvukust kapsastel. Tegelikult olid kahjurid vaid kollastes püünistes, mitte kapsastel. Sellised püünised toimivad putuka nägemismeeltele ning neid meelitab eelkõige liimipüüniste kollane värvus (Cook *et al.* 2013). Seega tuleb iga konkreetse püügimeetodi valikul teada, mida me teada tahame.

Kui katse eesmärgiks on teada saada kahjustuste määra taimedel, tuleb hoopiski hinnata kahjustuse taset. Seda tuleb maakirpude puhul teha vähemalt iga paari päeva tagant, kuna soodsate tingimuste korral võib kahjustuste kasv olla väga kiire. See meetod annab meile teavet kahjustuse intensiivsusest ja võimaldab õigeaegselt kasutusele võtta tõrjemeetmeid. Selle meetodiga pole võimalik määrata aga kahjurite liigilist koosseisu taimedel ega ka kahjurite arvukust.

Selles töös kasutatud kolme erineva katsemeetodi võrdleva analüüsi võib kokku võtta järgmises: erinevad meetodid andsid arvukuse hindamisel erinevaid tulemusi. Seega

resultaatide arvestamisel ja järelduste tegemisel peab lähtuma eesmärkidest ning iga konkreetse meetodiga saadud tulemustest.

Kui eesmärgiks on teada saada kahjurite liigid, nende ilmumine ja liikumine põllul, aga me ei soovi teada saada arvukust taimedel, võime kasutada kollaseid liimipüüniseid. See meetod nõuab andmete saamiseks igal nädalal kaks korda põllul käimist (püüniste paigaldamine ning mahavõtmine), lisaks püüniste ostmise kulud.

Teadsaamiseks konkreetsel ajahetkel kindlal taimeliigil olevate kahjurite arvu ning liike, tulevad kasutusele aspiraatoriga püügid. Selle meetodi tulemid lubavad võrrelda taimeliikidel arvukuse ning liikide erinevusi konkreetsel ajahetkel.

KOKKUVÕTE NING JÄRELDUSED

Laialt levinud ristõieliste rohttaimede ohtlikud kahjurid maakirbud, on seadnud enda toidumenüü tipuks noored tõusmete faasis olevad taimed. Maakirpude kahjustused võivad saada saatuslikuks just noortele ristõielistele. Valmikud närvivad lehtedesse ümmargusi augukesi, mille tagajärjel vigastustele veel tundlike taimede kasv pidurdub, lehed kuivavad ning tugeva kahjustuse korral nad hävivad. Sellest tingitult on populaarne kasutada taimede kaitseks keemilisi preparaate, mille kogused suurenevad ja koostisosad uuenevad maakirpude resistentsuse tõttu eelnevatele toimeainetele. Alternatiiviks mürkidele on aga väljatöötamise järgus olev keskkonnasäästlik, püünistaimedel põhinev taimekaitsesüsteem.

Magistritöö eesmärgiks oli välja selgitada, kas ja kui, siis millised püüniskultuurid (raps, rüps, õlirõigas, paksoi) on maakirpudele atraktiivsemad kui valge peakapsas. Tuvastada maakirpude liigiline koosseis ning selgitada välja, kas erinevatel maakirbu liikidel on katsetaimedele erinevad eelistused.

Ebasobivate ilmastikutingimuste tõttu oli talvitunud maakirpude üldine arvukus katseaastal madal. Kõigi maakirbu liikide vähenemine katsepõllul juuni keskel annab märku sellest, et talvitunud maakirpude eluiga jõudis lõpule ning nende paljunemispotentsiaal oli ammendunud.

Katsetest selgus, et maakirpudel olid toidutaimede suhtes kindlad eelistused, mis on heaks aluseks püüniskultuuride strateegia väljatöötamisel. Üldiselt eelistasid maakirbud enim õlirõika taimi, kuna antud taim on aeglase arenguga, mistõttu maakirpudele toitumiseks sobivad arengufaasid olid pikema aja jooksul saadavad. Ülejäänud katsetaimed läbisid haavatavad faasid kiiremini ning seetõttu olid nende kahjustused väiksemad. Taimede valikul mängivad suurt rolli ka nende keemilise koosseisu erinevused.

Katselappidelt leiti nelja erinevat maakirbu liiki: harilik maakirp (*Ph. undulata*), must maakirp (*Ph. atra*), sinihelk maakirp (*Ph. nigripes*) ning kurmtriibuline maakirp (*Ph. vittata*). Neist maakirbu liikidest ilmus kõikidele kultuuridele esimeste hulgas harilik maakirp ning tema arvukus jäi teiste liikidega võrreldes kõrgeks kogu vaatlusperioodi jooksul, olles seejuures kõige arvukam liik kõikidel katsekultuuridel. Selle kahjuriliigi

ülekaalukas arvukus lubab oletada, et liik on hästi kohastunud kohalike oludega – liigi populatsiooni kasvu ja püsimist toetab nähtavasti tema hästi välja kujunenud talvitusvõime ning oligofaagse kahjurina rapsi suurte kasvupindade tõttu piiramatult toiduressurss.

Katses püstitatud esimene hüpotees leidis kinnitust. Katsesse püüniskultuurideks valitud ristõielised olid maakirpudele atraktiivsemad valgest peakapsast. Seepärast võib antud taimede koosseis edaspidi olla püünistena rakendatavad valge peakapsa kaitseks arendatavas peleta-meelita taimekaitse-süsteemis. Katsetulemuste analüüs näitas, et selline püünistaimede lahendus põllul hoidis täielikult ära kapsaste kahjustused.

Katses olnud kultuurid moodustasid arengukiirusest lähtuvalt aegrea – rüps-paksoi-rapsi-õlirõigas – mis võimaldas maakirpude valmikuil kogu talvitusjärgse eluperioodi olla peakapsast atraktiivsematel taimeliikidel.

Kinnitust ei leidnud teise katse alguses püstitatud hüpotees. Püüniskultuuridest ei eelistanud maakirbud kõige enam paksoid. Kuigi see taimeliik oli maakirpudele valgest peakapsast atraktiivsem, tulevad tema püünistaimena kasutamisel esile muud raskused. Otsustavaks saab nähtavasti paksoi seemnete suur hinnavahet võrreldes näiteks maakirpude meelistaimel – õlirõikaga. Maakirpude põhjustatud lehekahjustuste tõttu on ka paksoi avamaal toidukultuurina kasvatamine probleemne.

Viimane hüpotees püügimeetodite võrdluses tulemite erinevusest leidis kinnitust. Aspiraatoriga püügid andsid kollaste liimipüüniste tulemustega võrdluses täpsema andmestiku, kuna selline püügimeetod aitab teada saada teatud ajahetkel kindlatel taimeliikidel olevate kahjurite koosseisu ning hulga.

Liimipüünistega saab teavet vaid teatud ajaperioodil antud alal liikunud maakirpude kohta, mitte aga kahjurite arvukusest taimedel. Seega sobivad kollased liimipüünised maakirpude pikaajaliseks monitooringuks. Tuleb märkida, et liimipüüniste pidevad väljavahetused kasvatavad põldudel tehtavaid kulutusi.

Taimedel kahjustuste hindamine annab teavet kahjurite ilmumisest kultuuridele ning võimaldab operatiivselt valida tõrjemeetodeid. Katsetest selgus, et kuna erinevad meetodid annavad erinevad tulemid, siis konkreetse püügimeetodi valikul tuleb lähtuda töö eesmärkidest.

Antud uurimustööst järeldub, et katses olnud kultuurid püünistaimedena on valge peakapsa kaitseks heaks alternatiiviks sünteetiliste insektitsiidide vastu. Ühtlasi on säärane avastus uus

ka teadusele, kuna puudub kirjandus, et varemalt oleks uuritud sellist taimelõksude koosseisu kapsaste kaitseks maakirpude vastu. Edaspidi tuleks uurida, milline on kapsapõldudel püünistaimede optimaalne paigutus.

KASUTATUD KIRJANDUS

- Andersen, C. L., Hazzard, R., Van Driesche, R., Mangan, F. X.** (2005). Overwintering and seasonal patterns of feeding and reproduction in *Phyllotreta cruciferae* (Coleoptera: Chrysomelidae) in the Northeast United States. – *Environmental Entomology*. Vol. 34, pp. 749–800.
- Badenes-Perez, F.R., Gershenson, J., Heckel, D.G.** (2014). Insect attraction versus plant defense: Young leaves high in glucosinolates stimulate oviposition by a specialist herbivore despite poor larval survival due to high saponin content. – *PLoS One*. Vol. 9, No. 4, pp. 39–42.
- Barel, J., Knaapen, I., Koster, J.** (2012). Host-plant interaction of *Phyllotreta nemorum* and *Barbarea vulgaris*. [on-line] http://botanyseminars.blogspot.com/2012_06_01archive.html (14.02.18)
- Bartlet, E., Mithen, R., Clark, S. J.** (1996). Feeding of the cabbage stem flea beetle *Psylliodes chrysocephala* on high and low glucosinolate cultivars of oilseed rape. – *Entomologia Experimentalis et Applicata*. Vol. 80, pp. 87–89.
- Bellostas, N., Sorensen, J. C., Sorensen, H.** (2007). Profiling glucosinolates in vegetative and reproductive tissues of four Brassica species of the U-triangle for their biofumigation. – *Journal of the science of food and agriculture*. Vol. 87, pp. 1586–1594.
- Bensen, T. A., Temple, S. R.** (2008). Trap Cropping, planting date, and cowpea variety as potential elements of an integrated pest management strategy for *Lygus hesperus* in blackeyed cowpea. – *Crop Protection*. Vol. 27, No. 10, pp. 1343–1353.
- Beran, F., Pauchet, Y., Kunert, G., Reichelt, M., Wielsch, N., Vogel, H., Reinecke, A., Svatoš, A., Mewis, I., Schmid, D., Ramasamy, S., Ulrichs, C., Hansson, B. S., Gershenson, J., Heckel, D. G.** (2014). *Phyllotreta striolata* flea beetles utilize host plant defense compounds to create their own glucosinolate-myrosinase system. – *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. Vol. 111, No. 20, pp. 7349–7354.
- Björkman, M., Klingen, I., Birch, A. N. E., Bones, A. M., Bruce, T. J. A., Johansen, T. J., Meadow, R., Mølmann, J., Seljåsen, R., Mart, L. E., Steward, D.** (2011). Phytochemicals of *Brassicaceae* in plant protection and human health – influences of climate, environment and agronomic practice. – *Phytochem*. Vol. 72, pp. 538–556.
- Bohinc, T., Košir, I. J., Trdan, S.** (2013). Glucosinolates as arsenal for defending *Brassicaceae* against cabbage flea beetle (*Phyllotreta* spp.) attack. – *Zemdirbyste-Agriculture*. Vol. 100, No. 2, pp. 199–204.

- Bohinc, T., Trdan, S.** (2012). Trap crops for reducing damage caused by cabbage stink bugs (*Eurydema spp.*) and flea beetles (*Phyllotreta spp.*) on white cabbage: Fact or fantasy? - *Journal of Food, Agriculture and Environment*. Vol. 10, pp. 1365–1370.
- Bohinc, T., Trdan, S.** (2013). Sowing mixtures of *Brassica* trap crops is recommended to reduce *Phyllotreta* beetles injury to cabbage. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B. – Soil & Plant Science*. Vol. 63, No. 4, pp. 297 – 303.
- Bohinc, T., Trdan, S.** (2016). About previous investigations regarding the role of glucosinolates in controlling *Brassica* insect pests in Slovenia. Ljubljana, Slovenia. – *Intech*. Vol. 20, pp. 421–437.
- Bok Choy. (2014). Production information. – *Monitoba*. [on-line]
<https://www.gov.mb.ca/agriculture/crops/production/pubs/bmz00s32p.pdf> (20.01.2018).
- Budahn, H., Peterka, H., Ali Ahmed Mousa, M., Ding, Y., Zhang, S., Li, J.** (2009). Molecular mapping in oil radish (*Raphanus sativus L.*) and QTL analysis of resistance against beet cyst nematode (*Heterodera schachtii*). – *Theoretical and applied genetics*. Vol. 118, No. 4, pp. 775–782.
- Burges, L., Wiens, J. E.** (1980). Dispensing allylisothiocyanate as an attractant for trapping cruciferfeeding flea beetles. – *Canadian Entomologist*. Vol. 112, pp. 93–97.
- Cagan, L., Vrablova, M., Toth, P.** (2000). Flea beetles (*Chrysomelidae: Alticinae*) species occurring on *Amaranthus* spp in Slovakia. – *Journal of Central European Agriculture*. Vol. 1, pp. 14–25
- Casida, J. E., Durkin, K. A.** (2013). Neuroactive insecticides: targets, selectivity, resistance and secondary effects. – *Annual Review of Entomology*. Vol. 58, pp. 99–117.
- Chaplin-Kramer, R., Kliebenstein, D. J., Chiem, A., Morill, E., Mills, N. J., Kremen, C.** (2011). Chemically mediated tritrophic interactions: opposing effects of glucosinolates on a specialist herbivore and its predator. – *Journal of Applied Ecology*. Vol. 48, No. 4, pp. 880–887.
- Choi, S. H., Park, S., Lim, Y. P., Kim, S.-J., Park, Y.-T., An, G.** (2014). Metabolite profiles of glucosinolates in cabbage varieties (*Brassica oleracea* var. capitata) by season, color, and tissue position. – *Horticulture, Environment, and Biotechnology*. Vol. 55, No. 3, pp. 237–247.
- Conrad, K. F., Fox, R., Woiwod, I. P.** (2007). Monitoring biodiversity: measuring long-term changes in insect abundance. – *Insect conservation biology*. (Eds. Stewart, A. J. A., New, T. R., Lewis, O. T.), Wallingford: CAB publishing. Pp. 203–225.
- Cook, S. M., Ferguson, A. W., Skellern, M. P., Watts, N. P., Martin, I. R., Smart, R. E., Woodcock, C. M., Pickett, J. A.** (2013). Developing an integrated pest management strategy for pollen beetles in oilseed rape. – *Integrated Control in Oilseed Crops, IOBC-WPRS Bull.* Vol. 104, pp. 96.

- Cook, S. M., Khan, Z. R., Pickett, J. A.** (2007). The use of push–pull strategies in integrated pest management. – *Annual Review of Entomology*. Vol. 52, pp. 375–400.
- Cosse, A., Bartelt, R., Zilkowski, B., Bean, D., Andress, E.** (2006). Behaviorally active green leaf volatiles for monitoring the leaf beetle *Diorhabda elongata*, a biocontrol agent of salt cedar. – *Journal of Chemical Ecology*. Vol. 32, pp. 2695–2708.
- Das, N. G., Baruah, J., Talukdar, P.K., Das, S. C.** (2000). Evaluation of botanicals as repellents against mosquitoes. – *Journal of Vector Borne Diseases*. Vol. 40, pp. 49–53.
- Dixon, G. R.** (2006). The biology of *Plasmodiophora brassicae* Wor: A review of recent advances. – *Acta Horticulturae*. Vol. 706, pp. 271–282.
- Eesti Entsüklopeedia. (2011). [on-line] http://entsyklopeedia.ee/artikkel/valge_peakapas (22.01.2018).
- Eigenbrode, S. D., Birch, A. N. E., Lindsey, S., Meadow, R., Snyder, W. E.,** (2015). A mechanistic framework to improve understanding and applications of push–pull systems in pest management. – *Journal of Applied Ecology*. Vol. 53, pp. 202–212.
- Ekbom, B.** (2010). Pests and their enemies in spring oilseed rape in Europe and challenges to integrated pest. – *Biocontrol-based integrated management of oilseed rape pests management*. /Eds. I. H. Williams. Dordrecht: Springer, The Netherlands, pp. 151–166.
- El-Wakeil, N. E.** (2013). Botanical pesticides and their mode of action. – *Gesunde Pflanzen*. Vol. 65, No. 4, pp. 125–149.
- Etienne M., Dourmad J. Y.** (1994). Effects of zearalenone or glucosinolates in the diet on reproduction in sows: a review. – *Livestock Production Science*. Vol. 40, pp. 99–113.
- Fahey, J. W., Zalcmann, A. T., Talalay, P.** (2001). The chemical diversity and distribution of glucosinolates and isothiocyanates among plants. – *Phytochemistry*. Vol. 56, pp. 5–51.
- Fletcher, N.** (2005). Looduse taskuraamat: Õitsvad taimed. Tallinn: Varrak. 296 lk.
- Gatehouse, A. G.** (2008). Biotechnological prospects for engineering insect: resistant plants. – *Plant Physiol.* Vol. 146, pp. 881 – 887.
- Gavoski, J. E., Ekuere, U., Keddie, A., Dosdall, L., Kott, L., Good, A. G.** (2000). Identification and evaluation of flea beetle (*Phyllotreta cruciferae*) resistance within Brassicaceae. – *Canadian Journal of Plant Science*. Vol. 80, pp. 881–887.
- Gavloski, J. E., Lamb, R. J.** (2000). Compensation by Cruciferous Plants is Specific to the Type of Simulated Herbivory. – *Environmental Entomology*. Vol. 29, No. 6, pp. 1273–1282.
- Grubinger, V.** (2005). Flea beetles management. – *University of Vermont Extension*. [on-line] <http://www.uvm.edu/vtvegandberry/factsheets/fleabeetle.html> (13.04.2018).
- Haberman, H.** (1962). Die Halticiden Estlands. Tartu: Acad Sci ESSR. 220 lk.
- Halkier, B.A., Gershenzon, J.** (2006). Biology and Biochemistry of Glucosinolates. – *Annual Review of Plant Biology*. Vol. 57, No. 1, pp. 303–333.

- Haramoto, E. R., Gallandt, E. R.** (2005). Brassica cover cropping: I. Effects on weed and crop establishment. – *Weed Science*. Vol. 53, pp. 695-701.
- Heath, J. R.** (2017). Evaluation of Flea Beetle (*Phyllotreta* spp.) Resistance in Spring and Winter Type Canola (*Brassica napus*). Thesis of Doctor of Philosophy in Plant Agriculture. - *University of Guelph*, Canada: Ontario. 199 p.
- Hicks, K. L., Tahvanainen, J. O.** (1974). Niche differentiation by crucifer-feeding flea beetles (Coleoptera: Chrysomelidae). – *Am. Midl. Nat.* Vol. 91, pp. 406–423.
- Hiiesaar, K., Metspalu, L., Jõgar, K.** (2004). Flea beetles (Chrysomelidae) on summer rape 'Mascot' in Estonia. – *Agronomy 2004, Trans EAU*. Vol. 219, pp. 184–186.
- Hiiesaar, K., Williams, I. H., Luik, A., Metspalu, L., Muljar, R., Jõgar, K., Karise, R., Mänd, M., Svilponis, E., Ploomi, A.** (2009). Factors affecting cold hardiness in the small striped flea beetle, *Phyllotreta undulata*. – *Entomologia Experimentalis et Applicata*. Vol. 131, pp. 278–285.
- Hiiesaar, K., Metspalu, L., Lääniste, P., Jõgar, K.** (2003). Specific composition of flea beetles (*Phyllotreta* spp), the Dynamics of their number on the summer rape (*Brassica napus* L. var. *oleifera* subvar. *annua*) 'Mascot'. – *Agronomy Research*. Vol. 1, pp. 123–130.
- Hiina lehtnaeris (hiina kapsas, paksoi) „Cash“ F1 *Brassica rapa* ssp. *Chinensis*. [on-line] <https://seemnemaailm.ee/index.php?GID=12628> (20.01.2018).
- Hokkanen, H. M. T.** (1991). Trap cropping in pest management. – *Annual Review of Entomology*. Vol. 36, pp. 119–138.
- Holland, J. M., Smith, S.** (1999). Sampling epigeal arthropods: an evaluation of fenced pitfall traps using mark-release-recapture and comparisons to unfenced pitfall traps in arable crops. – *Entomologia Experimentalis et Applicata*. Vol. 91, pp. 347–357.
- Hopkins, R. J., Van Dam, N. M., Van Loon, J. J. A.** (2009). Role of glucosinolates in insect-plant relationships and multitrophic interactions. – *Annual Review of Entomology*. Vol. 54, pp. 57–83.
- Huang, X. P., Renwick, J. A.** (1995). Chemical and experimental basis for rejection of *Tropaeolum majus* by *Pieris rapae* larvae. – *Journal of Chemical Ecology*. Vol. 21, pp. 1601–1617.
- Inouye, D. W.** (1982). The consequences of herbivory: a mixed blessing for *Jurinea mollis* (Asteraceae). – *Oikos*. Vol. 39, pp. 269–272.
- Ishida, M., Hara, M., Fukino, N., Kakizaki, T., Morimitsu, Y.** (2014). Glucosinolate metabolism, functionality and breeding for the improvement of Brassicaceae vegetables. – *Breeding Science*. Vol. 64, No. 1, pp. 48–59.
- Isman, M. B.** (2006). Botanical insecticides, deterrents and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. – *Annual Review of Entomology*. Vol. 51, pp. 45–56.
- Kaarli, K.** (2003). Õlikultuuride kasvataja käsiraamat. Eesti Maaviljeluse Instituut, Saku 5, 7-9.

- Karise, R., Mänd, M., Viik, E., Martin A.-J., Lääniste, P.** (2004). Flower visitors on spring oilseed rape in different cropping systems. – *Latvian Journal of Agronomy*. 7, 6–11.
- Kiis, K.** (2016). Maakirbud ristõielistel kõõgiljakultuuridel. Magistritöö. Tartu. 50 lk.
- Kleinwächter, M., Schnug, E., Selmar, D.** (2008). The glucosinolate-myrosinase system in nasturtium (*Tropaeolum majus* L.): variability of biochemical parameters and screening for clones feasible for pharmaceutical utilization. – *Journal of Agricultural Food Chemistry*. Vol. 56, No. 23, pp. 1165–1170.
- Knodel, J., Olson, D. L.** (2002). Crucifer flea beetle: biology and integrated pest management in canola. North Dakota State Univ. – *Coop. Ext. Serv Publ.* E123.
- Kristensen, C., Morant, M., Olsen, C. E., Ekstrøm, C. T., Galbraith, D. W., Møller, B. L., Bak, S.** (2005). Metabolic engineering of dhurrin in transgenic *Arabidopsis* plants with marginal inadvertent effects on the metabolome and transcriptome. – *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. Vol. 102, No. 5, pp. 1779–1784.
- Kuusik, A.** (1977a). Taimsed putukamürgid I. – *Eesti Loodus*. Lk 496–502.
- Kuusik, A.** (1977b). Taimsed putukamürgid II. – *Eesti Loodus*. Lk 546–552.
- Kuusik, A., Metspalu, L., Hiisaar, K.** (1995). Insektitsiidide toimemehhanismide uurimine putukatel. Tartu. 292 lk.
- Lafont, R.** (1997). Ecdysteroids and related molecules in animals and plants. – *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*. Vol. 35, pp. 3–20.
- Lamb, R. J., Turnock, W. J.** (1982). Economics of insecticidal control of flea beetles (*Coleoptera: Chrysomelidae*) attacking rape in Canada. – *Can. Entomol.* Vol. 114, pp. 827–840.
- Lancashire, P. D., Bleiholder, H., Boom, T. V., Langelüddeke, R., Stauss, R., Weber, E., Witzenger, A.** (1991). A uniform decimal code for the growth stages of crops and weeds. – *Ann Appl Biol*. Vol. 119, pp. 561–601.
- Leming, R., Lember, A.** (2004). Kuum- ja külmpress-rapsikoogi keemiline koostis. – *Agraarteadus*. Lk 96–102.
- Liblikas, I., Möttus, E., Borg-Karlson, A.-K., Kuusik, S., Ojarand, A., Kännaste, A., Tanilsoo, J.** (2003). Flea beetle (*Coleoptera: Chrysomelidae*) response to alkyl thiocyanates and alkyl isothiocyanates. – *Agron Res*. Vol. 1, pp. 175–184.
- Luik, A.** (1997). Taimed putukate mõjutajaina. Tartu: AS Tartumaa. 86 lk.
- Luik, A.** (2012). Looduslikud vahendid mahepõllumajanduslikus taimekaitses. Tartu: AS Ecoprint. 33 lk.
- Luik, A., Veromann, E., Merivee, E.** (2007). Loodushoidlik taimekaitse. – *Eesti Loodusfoto*. 31 lk.
- Magdoff, F., Van Es, H.** (2009). Building soils for better crops: Sustainable soil management. – *Sustainable Agriculture Research and Education*. Vol. 10, pp. 109.

- Maia, M. F., Moore, S. J.** (2011). Plant-based insect repellents: a review of their efficacy, development and testing. – *Malaria Journal*. Vol. 10, No. 1, pp. 1–11.
- Maina, G. D., Harrison, W., Linnet, G., Chimoita, E. L.** (2015). Influence of plant metabolites on flea beetle infestation in spider plant morphotypes. – *Universal Journal of Plant Science*. Vol. 3, No. 3, pp. 49–57.
- Metspalu, L.** (2017). Taime dega kahjurite vastu. Tallinn: Hea lugu. 192 lk.
- Metspalu, L., Hiiesaar, K.** (2002). Ristõieliste kultuuride kahjurid. – *Eesti Põllumajandusülikooli Taimekaitse Instituut*. Tartu: Bookmill trükikoda, lk 9-14.
- Metspalu, L., Kruus, E., Ploomi, A., Williams, I.H., Hiiesaar, K., Jõgar, K., Veromann, E., Mänd, M.** (2014). Flea beetle (*Chrysomelidae: Alticinae*) species composition and abundance in different cruciferous oilseed crops and the potential for a trap crop system *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B. — Soil & Plant Science*. Vol. 64, No. 7, pp. 572–582.
- Mirka, J.** (2015). Ristõieliste nuuter – tõsine rapsi kahjustaja. – *Äripäev*. [on-line]
<http://www.pollumajandus.ee/uudised/2015/06/25/ristoeliste-nuuter-tosine-rapsi-kahjustaja>
(20.01.2018)
- Mitchell-Olds, T., Vaughn James, R., Palmer, M. J., Williams, P. H.** (1995). Genetics of *Brassica rapa* (*syn. campestris*). 2. Multiple disease resistance to three fungal pathogens: *Peronospora parasitica*, *Albugo Candida* and *Leptosphaeria maculans*. – *Heredity*. Vol. 75, pp. 362–369.
- Muljar, Riin.** (2006). Maakirpude (*Coleoptera: Halticinae*) liigiline koosseis ja arvukus suvirapsil 'Mascot' ning valmikute külma kindlus. Bakalaureusetöö. Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut. Tartu. 38 lk.
- Nakanishi, K.** (1992). Past and present studies with ponasterones, the first insect molting hormones from plants. – *Steroids*. Vol. 57, No. 12, pp. 649 – 657.
- Noormets, M., Raave, H., Viiralt, R., Kuusemets, V., Alaru, M., Kuht, J., Talgre, L., Makke, A.** (2007). Rohtsete energiakultuuride uuringud. – *Maaelu Edendamise Sihtasutus*. Eesti Maaülikool. Tartu. Lk 35-42.
- Parker, J. E.** (2012). Diversity by design: exploring trap crops and companion plants to control *Phyllotreta cruciferae*, the crucifer flea beetle, in broccoli. – *Doctoral. Dissertation*. Washington State University, Pullman, WA.
- Parker, J. E., Crowder, D. W., Eigenbrode, S. D., Snyder, W. E.** (2016). Trap crop diversity enhances crop yield. – *Agriculture, Ecosystems and Environment*. Vol. 232, pp. 254–262.
- Parker, J. E., Snyder, W. E.** (2017). Managing cruciferous and solanaceous flea beetles in organic farming systems. – *Agriculture, Division of Community and Education*. [on-line]
<http://articles.extension.org/pages/72972/managing-cruciferous-and-solanaceous-flea-beetles-in-organic-farming-systems> (14.02.18).

- Parolin, P., Bresch, C., Desneux, N., Brun, R., Bout, A., Boll, R., Poncet, C.** (2012). Secondary plants used in biological control: A review. – *International Journal of Pest Management*. Vol. 58, No. 2, pp. 91–100.
- Põldma, P., Luik, A.** (2010). Mahepõllumajanduslik köögiviljakasvatus. – *Eesti Mahepõllumajanduse Sihtasutus*. Põllumajandusministeerium, lk 4-7.
- Rattan, R. S.** (2010). Mechanism of action of insecticidal secondary metabolites of plant origin. – *Crop Protection*. Vol. 29, No. 9, pp. 913–920.
- Reddy, G. V. P.** (2015). Sustainable management strategies for control of flea beetles. – *Montana IBM Bulletin*. Pp. 1–2.
- Renwick, J. A. A.** (2002). The chemical world of crucivores: Lures, treats and traps. – *Entomologia Experimentalis et Applicata*. Vol. 104, pp. 35–125.
- Renwick, J. A. A., Lopez, K.** (1999). Experience-based food consumption by larvae of *Pieris rapae*: Addition to glucosinolates? – *Entomol. Exp. Appl.* Vol. 91, pp. 51-58.
- Sander-Sõrmus, M.** (2015). Kas suvirapsi- ja rüpsi seemneid võib puhtida Modestoga? – *Äripäev*. [e-ajakiri] <http://www.põllumajandus.ee/uudised/2015/03/24/kas-suvirapsi-ja-rupsi-seemneid-voib-puhtida-modestoga> (12.02.18)
- Schoonhoven, L. M., Van Loon, J. J. A., Dicke, M.** (2005). Insect-Plant Biology. (2nd ed). Oxford: Oxford University Press.
- Sekulic, G., Rempel, C. B.** (2016). Evaluating the role of seed treatments in canola/oilseed rape production: Integrated pest management, pollinator health, and biodiversity. – *Plants*. Vol. 5, No. 3, pp. 32.
- Shelton, A. M., Badenes-Perez, F. R.** (2006). Concepts and applications of trap cropping in pest management. – *Annu Rev Entomol*. Vol. 51, pp. 285–308.
- Sirel, K.** (2008). Aiakultuuride kahjurite toidutaimede valik. Bakalaureusetöö. Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut. Tartu.
- Soroka, J., Grenkow, L.** (2013). Susceptibility of Brassicaceous plants to feeding by flea beetles, *Phyllotreta* spp. (Coleoptera: Chrysomelidae). – *Journal of Economic Entomology*. Vol. 106, No. 6, pp. 2557–2567.
- Soroka, J. J., Bartelt, R. J., Zilkowski, B. W., Cosse, A. A.** (2005). Responses of flea beetle *Phyllotreta cruciferae* to synthetic aggregation pheromone components and host plant volatiles in field trials. – *Journal of Chemical Ecology*. Vol. 31, pp. 1829–1843.
- Soroka, J. J., Holowachuk, J. M., Gruber, M. Y., Grenkow, L. F.** (2011). Feeding by flea beetles (Coleoptera: Chrysomelidae; *Phyllotreta* spp.) is decreased on canola (*Brassica napus*) seedlings with increased trichome density. – *Journal of Economic Entomology*. Vol. 104, No. 1, pp. 125 – 136.
- Sundermeier, A.** (2008). Oilseed radish cover crop. – *Ohio State University*, Extension Fact Sheet SAG 5-08, Columbus.

- Talgre, L.** (2013). Biomass production of different green maize crops and their effect on the succeeding crops yield. Väitekiri: Filosoofia doktorikraadi taotlemiseks taimekasvatuse erialal. Tartu: Eesti Maaülikool, lk 74-76.
- Tansey, J., Dosdall, L. M., Keddie, B. A.** (2009). *Phyllotreta crucifera* and *Phyllotreta striolata* responses to insecticidal seed treatments with different models of action. – *Journal of Applied Entomology*. Vol. 133, pp. 201–209.
- Tehri, K., Singh, N.** (2015). The role of botanicals as green pesticides in integrated mosquito management: A review. – *International Journal of Mosquito Research*. Vol. 2, No. 1, pp. 18–23.
- Toshova, T. B., Csonka, E., Subchev, M. A., Toth, M.** (2009). The seasonal activity of flea beetles in Bulgaria. – *Journal of Pest Science*. Vol. 82, pp. 295–303.
- Turnock, W.J., Turnbull, S.A.** (1994). The development of resistance to insecticides by the crucifer flea beetle, *Phyllotreta cruciferae* (Goeze). – *Canadian Entomologist*. Vol. 126, pp. 1369–1375.
- Tuubel, E.** (2014). Tali- ja suvirapsi taimekaitse. – *Baltic Agro Estonia*. [veebileht] <http://www.balticagro.ee/rapsi-taimekaitse> (20.01.2018).
- Ulmer, B. J., Dosdall, L. M.** (2006) Emergence of overwintered and new generation adults of the crucifer flea beetle, *Phyllotreta cruciferae* (Goeze) (Coleoptera: Chrysomelidae). – *Crop Protection*. Vol. 25, pp. 23–30.
- Underwood, E. C., Fisher, B. L.** (2006) The role of ants in conservation monitoring: if, when, and how. *Biol Conserv.* 132, pp. 166–182.
- Valantin-Morison, M., Meynard, J-M., Dore, T.** (2006). Effects of crop management and surrounding field environment on insect incidence in organic winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). – *Crop Protection*. Vol. 26, pp. 1108–1120.
- Valge peakapsas "Megaton" F1 Brassica oleracea L. convar. capitata (L.) Alef. var. alba DC. [veebileht] <https://www.seemnemaailm.ee/index.php?GID=12654> (20.01.2018).
- Van Asch, M., Visser, M. E.** (2007). Phenology of forest caterpillars and their host trees: the importance of synchrony. – *Ann. Rev. Entomol.* Vol. 52, pp. 37–55.
- Veromann, E., Metspalu, L., Williams, I.H., Hiiesaar, K., Mänd, M., Kaasik, R., Kovacs, G., Svilponis, E., Kivimägi, I., Ploomi, A., Luik, A.** (2012). Relative attractiveness of *Brassica napus*, *Brassica nigra*, *Eruca sativa* and *Raphanus sativus* for pollen beetle (*Meligethes aeneus*) and their potential for use in trap cropping. – *Arthropod-Plant Interactions*. Vol. 6, pp. 384–395.
- Zhu, B., Yang, J., Zhu, Z-jun.** (2013). Variation in glucosinolates in pak choi cultivars and various organs at different stages of vegetative growth during the harvest period. – *Journal of Zhejiang University of Science B*. Vol. 14, No. 4, pp. 309–317.

- Williams, I. H.** (2004). Advances in insect pest management of oilseed rape in Europe. /Eds Horowitz, H., Ishaaya, I. Novel approaches to insect pest management. Heidelberg, Springer, pp 181–208.
- Winde, I., Wittstock, U. Z.** (2011). Insect herbivore counteradaptions to the plant glucosinolate-myrosinase system. – *Phytochemistry*. Vol. 72, No. 13, pp. 1566–1575.
- Yamaguchi, H., Okamoto, M.** (1997). Traditional seed production in landraces of diakon (*Raphanus sativus*) in Kyushu, Japan. – *Euphytica*. Vol. 95, pp. 141–147.

**Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks
ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Mina, Pille-Riin Meltsas,
(Sünniaeg, 07.09.1994)

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö

Püünistaimed maakirpude tõrjes,

mille juhendaja on dotsent Katrin Jõgar, PhD, vanemteadur Luule Metspalu, PhD, teadur Angela Ploomi, PhD,

- 1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,
- 1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja
- 1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

- 2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;
- 3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor

allkiri

Tartu, 18.05.2017

Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

(juhendaja nimi ja allkiri)

(kuupäev)

(juhendaja nimi ja allkiri)

(kuupäev)

(juhendaja nimi ja allkiri)

(kuupäev)